

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2 0 0 4 年 1 1 月 4 日

出 願 番 号

Application Number:

特 願 2 0 0 4 - 3 2 0 1 8 1

パリ条約による外国への出願  
に用いる優先権の主張の基礎  
となる出願の国コードと出願  
番号

The country code and number  
of your priority application,  
to be used for filing abroad  
under the Paris Convention, is

J P 2 0 0 4 - 3 2 0 1 8 1

出 願 人

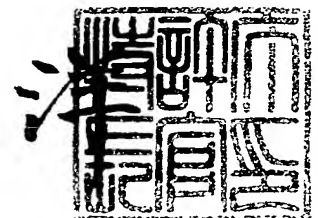
Applicant(s):

三菱電機株式会社

2 0 0 5 年 8 月 1 7 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



【官 規 則】	付 訂 願
【整理番号】	553316JP01
【提出日】	平成16年11月 4日
【あて先】	特許庁長官殿
【国際特許分類】	H04N 9/07 H04N 9/64
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
【氏名】	久野 徹也
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
【氏名】	牧田 淳子
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
【氏名】	杉浦 博明
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
【氏名】	的場 成浩
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
【氏名】	田村 正司
【特許出願人】	
【識別番号】	000006013
【氏名又は名称】	三菱電機株式会社
【代理人】	
【識別番号】	100083840
【弁理士】	
【氏名又は名称】	前田 実
【代理人】	
【識別番号】	100116964
【弁理士】	
【氏名又は名称】	山形 洋一
【手数料の表示】	
【予納台帳番号】	007205
【納付金額】	16,000円
【提出物件の目録】	
【物件名】	特許請求の範囲 1
【物件名】	明細書 1
【物件名】	図面 1
【物件名】	要約書 1

【請求項 1】

2次元平面上に配列され、各々が第1乃至第Nの分光感度特性のうちのいずれか1つを有する画素の画素信号の組に基づき、第h（hは1からNのうちのいずれか一つ）の分光感度特性の画素信号が存在する補間対象画素位置における第k（kはhを除く1からNのうちのいずれか一つ）の分光感度特性の画素信号を生成する画素信号処理装置において、

上記補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第kの分光感度特性の画素信号の低周波数成分と、上記補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第hの分光感度特性の画素信号の低周波数成分との差を算出する差算出手段と、

上記補間対象画素位置の近傍の領域内における上記第kの分光感度特性の画素信号と上記第hの分光感度特性の画素信号との非相関の程度に対応した非相関値を算出する非相関値算出手段と、

上記補間対象画素位置における上記第hの分光感度特性の画素信号と、上記差と、上記非相関値とに基づいて、上記補間対象画素位置における上記第kの分光感度特性の画素信号を求める補間値算出手段と

を有する画素信号処理装置。

【請求項 2】

上記補間値算出手段は、上記補間対象画素位置における上記第hの分光感度特性の画素信号と、上記非相関値に第1の所定の係数を掛けたものと、上記差に第2の所定の係数を掛けたものとを加算することにより、上記補間対象画素位置における上記第kの分光感度特性の画素信号を求めることを特徴とする請求項1に記載の画素信号処理装置。

【請求項 3】

上記差算出手段が、

それぞれ上記第1乃至第Nの分光感度特性の画素信号の低周波数成分を生成する複数のローパスフィルタと、

上記ローパスフィルタから出力される低周波数成分のうちの、上記第kの分光感度特性の画素信号の周波数成分と、上記第hの分光感度特性の画素信号の周波数成分とを選択する選択手段と、

上記選択手段で選択された上記第kの分光感度特性の画素信号の低周波数成分と、上記第hの分光感度特性の画素信号の低周波数成分の差を求める差計算手段と

を有することを特徴とする請求項1又は2に記載の画素信号処理装置。

【請求項 4】

2次元平面上に配列され、各々が第1乃至第Nの分光感度特性のうちのいずれか1つを有する画素の画素信号の組に基づき、第h（hは1からNのうちのいずれか一つ）の分光感度特性の画素信号が存在する補間対象画素位置における第k（kはhを除く1からNのうちのいずれか一つ）の分光感度特性の画素信号を生成する画素信号処理装置において、

上記補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第kの分光感度特性の画素信号の低周波数成分と、上記補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第hの分光感度特性の画素信号の低周波数成分との比を算出する比算出手段と、

上記補間対象画素位置の近傍の領域内における上記第kの分光感度特性の画素信号と上記第hの分光感度特性の画素信号との非相関の程度に対応した非相関値を算出する非相関値算出手段と、

上記補間対象画素位置における上記第hの分光感度特性の画素信号と、上記比と、上記非相関値とに基づいて、上記補間対象画素位置における上記第kの分光感度特性の画素信号を求める補間値算出手段と

を有する画素信号処理装置。

【請求項 5】

上記補間値算出手段は、上記補間対象画素位置における上記第hの分光感度特性の画素

后つて、上記非相関値に第1の所定の係数を掛けたものと、上記比に第2の所定の係数を掛けたものとを乗算することにより、上記補間対象画素位置における上記第kの分光感度特性の画素信号を求めることを特徴とする請求項4に記載の画素信号処理装置。

【請求項6】

上記比算出手段が、

それぞれ上記第1乃至第Nの分光感度特性の画素信号の低周波数成分を生成する複数のローパスフィルタと、

上記ローパスフィルタから出力される低周波数成分のうちの、上記第kの分光感度特性の画素信号の周波数成分と、上記第hの分光感度特性の画素信号の周波数成分とを選択する選択手段と、

上記選択手段で選択された上記第kの分光感度特性の画素信号の低周波数成分と、上記第hの分光感度特性の画素信号の低周波数成分の比を求める比計算手段と

を有することを特徴とする請求項4又は5に記載の画素信号処理装置。

【請求項7】

上記非相関値算出手段が、

上記補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第kの分光感度特性の画素信号の変化成分と、上記補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第hの分光感度特性の画素信号の変化成分とを生成する変化成分生成手段と

上記変化成分生成手段で生成された上記第kの分光感度特性の画素信号の変化成分と、上記第hの分光感度特性の画素信号の変化成分の差を上記非相関値として求める差計算手段と

を有することを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の画素信号処理装置。

【請求項8】

上記変化成分生成手段が、

それぞれ上記第1乃至第Nの分光感度特性の画素信号の変化成分を生成する複数のハイパスフィルタと、

上記ハイパスフィルタから出力される変化成分のうちの、上記第kの分光感度特性の画素信号の変化成分と、上記第hの分光感度特性の画素信号の変化成分とを選択する選択手段と

を有することを特徴とする請求項7に記載の画素信号処理装置。

【請求項9】

上記第1乃至第Nの分光感度特性を有する画素信号が、赤、緑、青の画素信号であることを特徴とする請求項1乃至8のいずれかに記載の画像信号処理装置。

【発明の名称】 画素信号処理装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、画素信号処理装置に関し、特に2次元平面上に配列された画素の各々が複数の色成分値のうちの少なくとも一つの色成分値を有していないとき、その画素が有していない色成分値を補間により生成することでカラー画像を得る画素信号処理装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

このような画素信号処理は、例えば、各々が複数の色成分値、例えば赤（R）、緑（G）、青（B）の3原色のうちのいずれか一つの色成分値を発生する複数種類の光電変換素子が2次元平面上に、例えばベイヤ型に配列された撮像素子をさらに備えるカラー撮像装置の一部として用いられ、撮像素子から出力された画素信号に基き、各画素位置において欠落している色成分値（不足色成分値）を補間するために用いられる。

【0003】

従来の、赤、緑、青のカラーフィルタがベイヤ型に配置された撮像素子を有する撮像装置では、各々の画素につき、G、BまたはB、RまたはR、Gの色成分値が不足しており、例えば下記の特許文献1に示されるように、解像感を高めるために、色毎の局所的な画素信号の分布に基づいて各画素の画素信号を平均値で置き換え、これによって想定される既知色幾何学図形と不足色幾何学図形の線形相似比に基づく補間方法を用いている。

【0004】

【特許文献1】 特開2001-197512公報（段落0048～0049、図7）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

この従来の方法は、補間処理対象画素の近傍の領域内において、それぞれの色成分値（例えば、ベイヤ型配列におけるR、G、B成分値）間に正の相関があると仮定している。そのため、色成分値相互間に正の相関がない領域（例えばある色と別の色との境界など）、例えば相関がない場合や、負の相関がある領域では、補間を適切に行うことができず、補間誤差が大きくなるという問題があった。

【0006】

本発明は、補間処理対象画素の近傍の領域内での色成分値の変化の仕方に拘らず常に最適の補間方法で補間を行うことができる画素信号処理装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この発明は、

2次元平面上に配列され、各々が第1乃至第Nの分光感度特性のうちのいずれか1つを有する画素の画素信号の組に基づき、第h（hは1からNのうちのいずれか一つ）の分光感度特性の画素信号が存在する補間対象画素位置における第k（kはhを除く1からNのうちのいずれか一つ）の分光感度特性の画素信号を生成する画素信号処理装置において、

上記補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第kの分光感度特性の画素信号の低周波数成分と、上記補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第hの分光感度特性の画素信号の低周波数成分との差を算出する差算出手段と、

上記補間対象画素位置の近傍の領域内における上記第kの分光感度特性の画素信号と上記第hの分光感度特性の画素信号との非相関の程度に対応した非相関値を算出する非相関値算出手段と、

上記補間対象画素位置における上記第hの分光感度特性の画素信号と、上記差と、上記非相関値とに基づいて、上記補間対象画素位置における上記第kの分光感度特性の画素信

を有する画素信号処理装置を提供する。

【発明の効果】

【0008】

この発明によれば、補間対象の画素が色の境界付近にある場合など、色成分値相互間の相関関係が種々異なっているとしても、正確に補間を行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。以下に説明する実施の形態は、デジタルスチルカメラの一部として用いるのに適したものであるが、本発明はこれに限定されない。

【0010】

実施の形態1.

図1はこの発明の実施の形態1の画素信号処理装置を備えた撮像装置の構成を表すブロック図である。

レンズ1から入射した光は、例えば固体撮像素子で構成される2次元イメージセンサ2の撮像面に結像する。イメージセンサ2は、2次元的に配列された複数の光電変換素子を有し、この複数の光電変換素子は、例えば図2に示すように、ベイヤ(Bayer)型に配置された、赤(R)、緑(G)、青(B)の3原色に対応する分光感度特性を有するカラーフィルタで覆われており、各光電変換素子からは、カラーフィルタの色に対応した色成分のアナログ信号が出力される。

【0011】

図2において、横、縦はそれぞれ撮像面の水平方向(H)、垂直方向(V)を表す。光電変換素子は画素を構成し、撮像面上で各光電変換素子が占める位置が画素位置に対応する。各画素は、撮像素子の撮像面上に2次元的に配列されているので、それらの位置は、HV座標面(またはHV面)上の座標値で表すことができる。図2はイメージセンサの一部のみ、即ち7行7列の範囲を示す。中心の画素の水平方向位置を*i*、垂直方向位置を*j*、従って座標値を(*i*, *j*)で表し、その周囲の画素の水平方向(行方向)の位置を、*i*-3, *i*-2, ..., *i*+3を、垂直方向(列方向)の位置を、*j*-3, *j*-2, ..., *j*+3で表している。

また以下の説明で、Rのカラーフィルタで覆われた光電変換素子に対応した画素をR画素、Gのカラーフィルタで覆われた光電変換素子に対応した画素をG画素、Bのカラーフィルタで覆われた光電変換素子に対応した画素をB画素と呼ぶ。

【0012】

イメージセンサ2は入射光を光電変換し入射光量に応じたレベルのアナログ信号を画素ごとに出力する。このアナログ信号はA/D変換器3でデジタル信号に変換され、出力され、各画素の持つ色成分値(画素信号)として、フレームメモリ4に書き込まれる。この際、各信号は、各画素の、撮像面上での位置、従ってHV座標面上での位置に対応づけて書き込まれる。

【0013】

上記のように、各画素を構成する光電変換素子の各々は、フィルタにより覆われているので、赤、緑、青のいずれか1つの色の光を受光する。各光電変換素子で受光する光の色を「受光色」と、各画素について受光色以外の色を「不足色」ということがある。

各画素を構成する光電変換素子の各々からは、受光色に対応する一つの色成分値を表す信号しか得られない。即ち、R画素については、R成分値が既知である一方、G及びB成分値が未知であり、G画素については、G成分値が既知である一方、B及びR成分値が未知であり、B画素については、B成分値が既知である一方、R及びG成分値が未知である。各画素について、R、G、B全ての色成分値を持つことで、カラー画像を得ることができるので、フレームメモリ4に書き込まれている、各画素位置における未知の色成分値は不足色成分値とも言われる。本発明の画素信号処理は、各画素において未知である色成分

画（不足成分画）を補間により求めるものである。

#### 【0014】

フレームメモリ4に記憶された画素信号は、デマルチプレクサ5でR、G、B信号ごとに2次元メモリ6r、6g、6bに分配され、記憶される。即ちR信号が2次元メモリ6rに、G信号が2次元メモリ6gに、B信号が2次元メモリ6bにそれぞれ記憶される。

#### 【0015】

図3、図4、図5はそれぞれ、イメージセンサ2の撮像面上における、R画素、G画素、B画素の配置を色毎に別々に示す。2次元メモリ6r、6g、6bの各々においても、各画素の信号（色成分値）は、撮像面上での位置、従ってHV座標面上での位置に対応付けて書き込まれる。したがって、図3、図4、図5は、デマルチプレクサ5から分配され、記憶された画素信号の、HV座標面上での位置を表すものでもある。

#### 【0016】

なお、フレームメモリ4はイメージセンサ2が2行に1行ずつ読み出しを行ういわゆるインターレース読み出し方式のものであり、1枚（フレーム）の画素信号がすべて揃うために2度の（2フィールドの）読み出しを行わなければならない場合に必要である。図2に示した画素配列における画素を上から順次1行ずつ読み出すいわゆるプログレッシブ読み出し方式のイメージセンサ2の場合には、イメージセンサ2から送られてきた画素の信号をそのままデマルチプレクサ5で振り分けていけばよいため、フレームメモリ2がなくても同様の動作を実現することができる。

#### 【0017】

ローパスフィルタ8r、8g、8bはそれぞれメモリ6r、6g、6bに対応して設けられたものであり、メモリ6r、6g、6bから読み出された画素信号に対して各色成分の低周波数成分を出力する。即ち、ローパスフィルタ8r、8g、8bの各々は、各画素について、その画素位置の近傍の領域（当該画素位置を含む領域）内の複数の画素位置における、各色の画素信号の低周波数成分を算出する。その算出方法についての後に詳しく述べる。図6、図7、図8にローパスフィルタ8r、8g、8bの出力例を示す。

#### 【0018】

同様にハイパスフィルタ7r、7g、7bもそれぞれメモリ6r、6g、6bに対応して設けられたものであり、メモリ6r、6g、6bから読み出された画素信号に対して各色成分の高周波数成分を出力する。即ち、ハイパスフィルタ7r、7g、7bの各々は、各画素について、その画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、各色の画素信号の変化成分を算出する。その算出方法についての後に詳しく述べる。図9、図10、図11にハイパスフィルタ7r、7g、8rの出力例を示す。

#### 【0019】

図6、図7、図8、図9、図10、図11に示されるように、ローパスフィルタ8r、8g、8bの出力（RLPF、GLPF、BLPF）、及びハイパスフィルタ7r、7g、7bの出力（RHPF、GHPF、BHPF）はすべての画素について求められる。

#### 【0020】

演算手段10は、2次元メモリ6r、6g、6bから読み出された画素信号と、ローパスフィルタ8r、8g、8bの出力、及びハイパスフィルタ7r、7g、7bの出力とに基づいて、各画素について低周波数成分の差と非相関値とを求め、さらに、補間値を求める。

演算手段10は、例えば図12に示すように、選択手段23k、23h、24k、24h、21と、差計算手段25、26と、係数乗算手段27、28と、加算手段29と、制御手段30とを有する。

#### 【0021】

選択手段21は、2次元メモリ6r、6g、6bのうちの一つを選択し、選択された2次元メモリ6r、6g、6bから読み出された画素信号を加算手段29に供給する。

選択手段23kは、ハイパスフィルタ7r、7g、7cの出力RHPF、GHPF、BHPFを受け、これらのうちの一つを選択して出力する。選択手段23hは、ハイパスフ

フィルタ 7 r、7 g、7 b の出力 RHPF、GHPF、BHPF を受け、これらのうちの他の 1 つを選択して出力する。

選択手段 24 k は、ローパスフィルタ 8 r、8 g、8 c の出力 RLPF、GLPF、BLPF を受け、これらのうちの 1 つを選択して出力する。選択手段 24 h は、ローパスフィルタ 8 r、8 g、8 c の出力 RLPF、GLPF、BLPF を受け、これらのうちの他の 1 つを選択して出力する。

#### 【0022】

選択手段 21、23 k、23 h、24 k、24 h による選択は制御手段 30 により制御される。

補間対象画素が R、G、B のうちの第 h の色の色成分値を有し、補間対象画素の第 k の色の色成分値を補間により求めるときは、選択手段 21 が第 h の色の色成分値を記憶している 2 次元メモリを選択し、補間対象画素の第 h の色の色成分値（例えば  $h(i, j)$  で表される）を読み出し、選択手段 23 k が第 k の色のハイパスフィルタの出力 kHPF を選択し、選択手段 23 h が、第 h の色のハイパスフィルタの出力 hHPF を選択し、選択手段 24 k が第 k の色のローパスフィルタの出力 kLPF を選択し、選択手段 24 h が、第 h の色のローパスフィルタの出力 hLPF を選択する。

#### 【0023】

差計算手段 25 は、第 k の HPF 信号 kHPF と、第 h の HPF 信号 hHPF との差、（前者から後者を引いたもの）（ $kHPF - hHPF$ ）を非相関値として求める。成分の差を非相関値として求める。

差計算手段 26 は、第 k の LPF 信号 kLPF と、第 h の LPF 信号 hLPF との差（前者から後者を引いたもの）（ $kLPF - hLPF$ ）を求める。

LPF 8 r、8 g、8 b と、選択手段 24 k、24 h と、差計算手段 26 とで、補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、第 k の分光感度特性の画素信号の低周波数成分と、補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、第 h の分光感度特性の画素信号の低周波数成分との差を算出する差算出手段が構成されている。

#### 【0024】

係数乗算手段 27 は、差計算手段 25 の出力（ $kHPF - hHPF$ ）に所定の定数 q を掛けて、積  $q(kHPF - hHPF)$  を出力する。

係数乗算手段 28 は、差計算手段 26 の出力（ $kLPF - hLPF$ ）に所定の定数 r を掛けて、積  $r(kLPF - hLPF)$  を出力する。

加算手段 29 は、選択手段 21 から出力される画素値 h と、係数乗算手段 27 から出力される値  $q(kHPF - hHPF)$  と、係数乗算手段 28 から出力される値  $r(kLPF - hLPF)$  とを加算して、その和

$h + q(kHPF - hHPF) + r(kLPF - hLPF)$   
を出力する。

加算手段 29 の出力が、補間対象画素の第 k の色の色成分値（補間値）として用いられる。

#### 【0025】

上記のうち、ハイパスフィルタ 7 r、7 g、7 b と、選択手段 23 k、23 h とで、補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、第 k の分光感度特性の画素信号の変化成分と、補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、第 h の分光感度特性の画素信号の変化成分とを生成する変化成分生成手段が構成されている。

#### 【0026】

また、ローパスフィルタ 8 r、8 g、8 b と、選択手段 24 k、24 h とで、補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、第 k の分光感度特性の画素信号の低周波数成分と、補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、第 h の分光感度特性の画素信号の低周波数成分とを生成する低周波数成分生成手段が構成されている。

#### 【0027】



また、透かし域 $21c$ 、低域非透かし域 $21f$ 、 $20c$ 、加算域 $23c$ により、補間対象画素位置における第 $h$ の色の画素信号と、低周波数成分の差 $(kLPF - hLPF)$ と、非相関値 $(kHPF - hHPF)$ とに基づいて、補間対象画素位置における第 $k$ の色の画素信号(補間値)を求める補間値算出手段が構成されている。より詳しく言うと、この補間値算出手段は、補間対象画素の位置における一つの色(第 $h$ の色)の画素信号と、差計算手段25で求めた非相関値 $(kHPF - hHPF)$ に第1の所定の係数 $(q)$ を掛けたものと、差計算手段26で求めた差 $(kLPF - hLPF)$ に第2の所定の係数 $(r)$ を掛けたものとを加算することにより、補間対象画素位置における他の色(第 $k$ の色)の画素信号を求める。

#### 【0028】

補間値算出手段で算出された補間値は例えば第 $k$ の色の画素信号のための2次元メモリ $(6r, 6g, 6b$ のいずれか)に記憶され、或いは出力端子11から出力される。

#### 【0029】

以下、上記した補間方法についてさらに詳しく説明する。

#### 【0030】

上記のように、図4は、HV座標面上におけるG信号の配列を示したものである。

図に記載されているG信号は元々イメージセンサ2上にGの色フィルタが配置されているため、その色フィルタを介して得られる信号であり、空白の箇所は他のR、Bの色フィルタが配置されているため、Gの色信号が欠落した場所である。この欠落した場所におけるG信号を補間する必要がある。

補間のための従来の方法として、周辺の画素の平均値を用いる平均補間方法(バイリニア補間)があるが、信号の変化の大きい箇所では精度の高い補間が期待できない。

#### 【0031】

そこで、本実施の形態では、補間処理対象画素の近傍の領域内での色成分値の変化の様子に相似の関係がない領域においても

正確に補間を行うことができ、また補間処理対象画素の近傍の領域内での色成分値の変化の仕方に拘らず常に最適の補間方法で補間を行うものであり、上記した演算手段10における補間演算は、以下の式(1)により表される。

#### 【0032】

$$\begin{aligned} k(i, j) &= h(i, j) + q \{ kHPF(i, j) - hHPF(i, j) \} \\ &\quad + r \{ kLPF(i, j) - hLPF(i, j) \} \\ &\quad \dots (1) \end{aligned}$$

#### 【0033】

式(1)において、 $k(i, j)$ はイメージセンサ2上の座標 $(i, j)$ において、欠落した色信号であり、補間される色信号である。 $h(i, j)$ は $(i, j)$ の位置に予め存在する(値が既知の)色信号である。 $kHPF$ 、 $hHPF$ は、それぞれ $(i, j)$ の位置とその周辺の画素位置における $k$ 信号および $h$ 信号から所定の演算により算出された $HPF$ 値である。 $kLPF$ 、 $hLPF$ は、それぞれ $(i, j)$ の位置とその周辺の画素位置における $k$ 信号および $h$ 信号から別の所定の演算により算出された $LPF$ 値である。

ここで $HPF$ 値とは、既知の画素信号(イメージセンサ出力)から推測される真値の空間高周波成分であり、 $LPF$ 値とは、既知の画素信号(イメージセンサ出力)から推測される真値の空間低周波成分である。ここで言う真値は、イメージセンサの画素間隔が無限小であり、光電変換誤差がないときに得られるであろう空間的に連続した画素信号の値を意味する。

$q$ および $r$ は予め定めた定数である。

#### 【0034】

式(1)に示した算出式の意味について図13～図16を参照して説明する。これらの図には、各画素における色信号レベルとイメージセンサ2上の各画素の位置が示されている。また、これらの図では、説明を簡単にするため、イメージセンサ2の1行だけを記載

し、一次元方向だけに傾斜を限定して小々。上部に記載したのは各ピクセルの配列であり、hはh画素、kはk画素、各画素の括弧（ ）内は画素位置を示す座標である。また、曲線aはk信号の真値であり、曲線bはh信号の真値である。曲線a、b上において、黒丸印（●）で示した箇所は、イメージセンサ2から得られたk信号およびh信号の画素信号値である。曲線c、dはそれぞれk信号、h信号のLPF値であり、曲線e、fはそれぞれk信号、h信号のHPF値である。これら図を参照して、画素位置（i，j）におけるk信号の画素補間を行う方法を具体的に述べる。

図13は、k信号とh信号との間に正の相関がある場合を示し、図14及び図15は、k信号とh信号との間に相関がない場合を示し、図16は、k信号とh信号との間に負の相関がある場合を示す。

#### 【0035】

最初に図13を参照してk信号とh信号との間に正の相関がある場合について説明する。画素位置（i，j）における曲線cとdの差が低周波数成分の差（ $k_{LPF} - h_{LPF}$ ）に比例する値r（ $k_{LPF} - h_{LPF}$ ）となる。また、画素位置（i，j）における曲線eとfの差が非相関値（ $k_{HPF} - h_{HPF}$ ）となる。曲線eとfで示されるHPF値はk信号とh信号の変化が同様の場合、同じ値となるため重なって描写されており、非相関値（ $k_{HPF} - h_{HPF}$ ）は“0”である。

従来技術によるバイリニア方法では、画素位置（ $i-1, j$ ）と（ $i+1, j$ ）におけるk信号を用いてその平均値を画素位置（i，j）におけるk信号とする。バイリニア方法によって補間された信号レベルを、図13において、白三角印（△）で示したが、求められるべき真値との間に補間誤差が生じている。

本実施の形態による補間方法では、画素位置（i，j）において既知の値h（i，j）に非相関値（ $k_{HPF} - h_{HPF}$ ）と低周波数成分の差（ $k_{LPF} - h_{LPF}$ ）とをそれぞれ係数q、rを乗じた後加算するが、図13に示すようにk信号とh信号との間に相関がある場合、非相関値は略“0”であり、結局、画素位置（i，j）において既知の値h（i，j）に低周波数成分の差（ $k_{LPF} - h_{LPF}$ ）を係数rを乗じた後加算したものが、補間信号k（i，j）となる。この補間信号k（i，j）を図13に白丸印（○）にて示す。真値に対して精度良く画素補間が実現できていることが分かる。このように、本実施の形態により、色信号間の相関が大きい場合にも精度良く画素補間を行うことができる。

#### 【0036】

次に色信号間に相関が無い場合について説明する。図14と図15に各画素における色信号レベルとイメージセンサ2上の各画素の位置を示す。図14及び図15に示した信号ではk信号は一定であり、k信号とh信号の変化に相関が無い。

#### 【0037】

まず、図14を参照して説明する。図14の例では、k信号に変化が無いいため曲線eで示されるk信号のHPF値 $k_{HPF}$ は“0”である。上記特許文献1（特開2001-197512号公報）に開示された方法による色の相関変化だけを用いた補間は、h（i，j）の信号に（ $k_{LPF} - h_{LPF}$ ）に比例した値を加算することに相当する。

この場合、画素補間された信号レベルは、図14において、白四角印（□）で示す信号レベルとなる。白四角印に示す信号レベルはk信号の真値から離れた位置の値となるため補間誤差が生じていることが分かる。これは、画素位置（i，j）における補間対象のk信号は、参照とするh信号との間に相関が無いためである。

一方、本実施の形態による画素補間方法では、画素位置（i，j）におけるh信号h（i，j）に（ $k_{LPF} - h_{LPF}$ ）に係数rを掛けたものを加算し、さらに（ $k_{HPF} - h_{HPF}$ ）に係数qを掛けたものを加算する。 $k_{HPF}$ は“0”であるため、画素位置（i，j）における（ $k_{HPF} - h_{HPF}$ ）は負の値となる。よって、本実施の形態による補間方法では補間された信号レベルは白丸印（○）の位置となり、k信号の真値に対して精度高く補間される。本実施の形態ではk信号とh信号との信号変化にとれだけ相関が無いかは、（ $k_{HPF} - h_{HPF}$ ）の値として求められることとなる。（ $k_{HPF} - h_{HPF}$ ）

「 $k$ 」を「非相関値」と呼ぶのはこのためである。一方、画素位置成分の差（ $kLPF - hLPF$ ）は、相関の度合いを表し、相関の度合いが高いほど一定の値により近くなる。よって、（ $kLPF - hLPF$ ）と（ $kHPF - hHPF$ ）の両方の値がそれぞれの係数  $r$ 、 $q$  を掛けた上で  $h(i, j)$  に加算されることにより信号間に相関が無い場合でも精度高く画素補間を行うことができる。

#### 【0038】

図15には図14とは逆に  $k$  信号が変化して、 $h$  信号に変化が無い、2つの色信号間に相関が無い別の例を示す。上記特許文献1（特開2001-197512号公報）に開示された方法による色の相関変化だけを用いた補間は、 $h(i, j)$  の信号に（ $kLPF - hLPF$ ）の信号レベルを加算することに相当する。

この場合、画素補間された信号レベルを図15において白四角印（□）で示す信号レベルとなる。白四角印に示す信号レベルは  $k$  信号の真値から離れた位置の値となるため補間誤差が生じていることが分かる。

一方、本実施の形態による画素補間方法では、画素位置（ $i, j$ ）における  $h$  信号  $h(i, j)$  に（ $kLPF - hLPF$ ）に係数  $r$  を掛けたものを加算し、さらに（ $kHPF - hHPF$ ）に係数  $q$  を掛けたものを加算する。 $hHPF$  は“0”であるため、画素位置（ $i, j$ ）における（ $kHPF - hHPF$ ）は正の値となる。よって、本実施の形態による補間方法では補間された信号レベルは白丸印（○）の位置となり、 $k$  信号の真値に対して精度高く補間される。本実施の形態では、（ $kLPF - hLPF$ ）と（ $kHPF - hHPF$ ）の両方の値が  $h(i, j)$  にそれぞれの係数  $r$ 、 $q$  を掛けた上で加算されることにより図15に示す信号間に相関が無い場合においても精度高く画素補間を行うことができる。

#### 【0039】

図14及び図15では色信号間に相関が無い場合について説明したが、次に色信号間に負の相関がある場合について説明する。図16に  $k$  信号と  $h$  信号との間に負の相関がある場合を示す。画素位置（ $i, j$ ）における、曲線  $a$  と鎖線  $c$  の差  $\Delta(a - c)$  と、曲線  $d$  と曲線  $b$  の差  $\Delta(d - b)$  の和が、非相関値（ $kHPF - hHPF$ ）に比例する値  $q(kHPF - hHPF)$  に等しい。バイリニア補間方法による画素補間は白三角印（△）で示す信号レベルであり図13と同様に真値に対して補間誤差が生じている。また、負の相関関係である場合、上記特許文献1（特開2001-197512号公報）に開示された方法による色の相関変化だけを用いた画素補間では白四角印（□）で示すようにさらに補間誤差が拡大する。本実施の形態による補間方法では白丸印（○）で示すように精度高く画素補間が実現できている。

以上のように、色信号間に正の相関がある場合、相関が無い場合、負の相関となっている場合のいずれにおいても精度の高い画素補間を行うことができる。

#### 【0040】

画素補間の演算処理について以下に具体的に説明する。図17に演算手段10の演算の手順をフローチャートとして示す。フローチャートに記載するように、補間値の算出は、以下の6つの処理を含む。

ステップS1；R画素位置におけるG信号（ $G_{onR}$ ）を求めるための処理。

ステップS2；B画素位置におけるG信号（ $G_{onB}$ ）を求めるための処理。

ステップS3；G画素位置におけるR信号（ $R_{onG}$ ）を求めるための処理。

ステップS4；G画素位置におけるB信号（ $B_{onG}$ ）を求めるための処理。

ステップS5；R画素位置におけるB信号（ $B_{onR}$ ）を求めるための処理。

ステップS6；B画素位置におけるR信号（ $R_{onB}$ ）を求めるための処理。

これら6つの処理は、

「 $h$ 色（ $h=R, G$ 、又は  $B$ ）の画素信号が存在する画素位置における  $k$ 色（ $k=R, G$ 、又は  $B$ 、但し  $h$  は  $k$  とは異なる）の画素信号を求めるための処理」

と一般化して言うことができる。これらの6つの処理の各々は画面上（1フレーム内）のすべての画素位置について行われる。

【 0 0 4 1 】

上記の6つの処理がすべて終わったときに、1画面上のすべての画素位置のすべての画素における不足した色の画素信号が揃う。

【 0 0 4 2 】

まず、ステップS1の演算処理について説明する。図4において、G信号が予め存在しない（値が未知の）画素の座標（i，j）に着目する。座標（i，j）のG信号のLPF値GLPFは、例えば次式（2）にて算出される。

【 0 0 4 3 】

$$\begin{aligned} \text{GLPF}(i, j) = & [ \{ G(i-3, j) + G(i-1, j) + G(i+1, j) + \\ & G(i+3, j) \} / 4 \\ & + \{ G(i, j-3) + G(i, j-1) + G(i, j+1) + G(i, j+3) \} / 4 ] / 2 \\ & \dots (2) \end{aligned}$$

【 0 0 4 4 】

各信号の括弧（ ）内は画素の座標を意味している。

【 0 0 4 5 】

G信号が予め存在している画素位置（i+1，j）のG信号のLPF値GLPFは、次式（3）にて算出される。

【 0 0 4 6 】

$$\begin{aligned} \text{GLPF}(i+1, j) = & [ \{ G(i-3, j) / 8 + G(i-1, j) / 4 + G(i+1, j) / 4 + G(i+3, j) / 4 + G(i+5, j) / 8 \} \\ & + \{ G(i+1, j-4) / 8 + G(i+1, j-2) / 4 + G(i+1, j) / 4 + G(i+1, j+2) / 4 + G(i+1, j+4) / 8 \} ] / 2 \\ & \dots (3) \end{aligned}$$

【 0 0 4 7 】

G画素の配列はいずれも同じ画素間隔の繰り返しであるため、上記式（2）および式（3）にてG信号のLPF値を算出することができる。G信号のLPF値の演算は図1のLPF8gによって算出され、演算手段10に入力される。

【 0 0 4 8 】

また、G信号が予め存在しない画素位置（i，j）のG信号のHPF値GHPFは、次式（4）にて算出される。

【 0 0 4 9 】

$$\begin{aligned} \text{GHPF}(i, j) = & [ \{ -G(i-3, j) + G(i-1, j) + G(i+1, j) - G(i+3, j) \} + \{ -G(i, j-3) + G(i, j-1) + G(i, j+1) - G(i, j+3) \} ] / 2 \\ & \dots (4) \end{aligned}$$

【 0 0 5 0 】

G信号が予め存在している画素位置（i+1，j）のG信号のHPF値GHPFは、次式（5）にて算出される。

【 0 0 5 1 】

$$\begin{aligned} \text{GHPF}(i+1, j) = & [ \{ -G(i-3, j) / 4 - G(i-1, j) + 2.5 G(i+1, j) - G(i+3, j) - G(i+5, j) / 4 \} + \{ -G(i+1, j-4) / 4 - G(i+1, j-2) + 2.5 G(i+1, j) - G(i+1, j+2) - G(i+1, j+4) / 4 \} ] / 2 \\ & \dots (5) \end{aligned}$$

【 0 0 5 2 】

G画素の配列はいずれも同じ画素間隔の繰り返しであるため、上記式（4）および式（5）にてG信号のHPF値を算出することができる。G信号のHPF値の演算は図1のHPF7gによって算出され、演算手段10に入力される。

【 0 0 5 3 】

Ｒ信号のＬＰＦ値、ＲＬＰＦ値は次式により算出される。よりこの画素にもＲ信号が存在しないｊ行目においては、上下の行から値を算出する。画素の座標（ｉ，ｊ）のＲ信号のＬＰＦ値ＲＬＰＦは、次式（６）にて算出される。

【００５４】

$$\begin{aligned} \text{RLPF}(i, j) = & \left[ \left[ \{R(i-3, j-1) + R(i-3, j+1)\} / 2 + \{R(i-1, j-1) + R(i-1, j+1)\} / 2 + \{R(i+1, j-1) + R(i+1, j+1)\} / 2 + \{R(i+3, j-1) + R(i+3, j+1)\} / 2 \right] / 4 \right. \\ & + \left[ \{R(i-1, j-3) + R(i+1, j-3)\} / 2 + \{R(i-1, j-1) + R(i+1, j-1)\} / 2 + \{R(i-1, j+1) + R(i+1, j+1)\} / 2 \right. \\ & \left. \left. + \{R(i-1, j+3) + R(i+1, j+3)\} / 2 \right] / 4 \right] / 2 \end{aligned}$$

…（６）

【００５５】

座標（ｉ＋１，ｊ）のＲ信号のＬＰＦ値ＲＬＰＦは、次式（７）にて算出される。

【００５６】

$$\begin{aligned} \text{RLPF}(i+1, j) = & \left[ \left[ \{R(i-1, j-1) + R(i-1, j+1)\} / 2 + \{R(i+1, j-1) + R(i+1, j+1)\} / 2 + \{R(i+3, j-1) + R(i+3, j+1)\} / 2 \right] / 3 \right. \\ & \left. + \{R(i+1, j-3) + R(i+1, j-1) + R(i+1, j+1) + R(i+1, j+3)\} / 4 \right] / 2 \end{aligned}$$

…（７）

【００５７】

一方、Ｒ信号が予め存在する行、例えばｊ＋１行の画素位置（ｉ，ｊ＋１）のＲ信号のＬＰＦ値ＲＬＰＦは、次式（８）にて算出される。

【００５８】

$$\begin{aligned} \text{RLPF}(i, j+1) = & \left[ \{R(i-3, j+1) + R(i-1, j+1) + R(i+1, j+1) + R(i+3, j+1)\} / 4 \right. \\ & + \left[ \{R(i-1, j-1) + R(i+1, j-1)\} / 2 + \{R(i-1, j+1) + R(i+1, j+1)\} / 2 + \{R(i-1, j+3) + R(i+1, j+3)\} / 2 \right] / 3 \left. \right] / 2 \end{aligned}$$

…（８）

【００５９】

さらに、Ｒ信号が予め存在する行、例えばｊ－１行の画素位置（ｉ＋１，ｊ＋１）のＲ信号のＬＰＦ値ＲＬＰＦは、次式（９）にて算出される。

【００６０】

$$\begin{aligned} \text{RLPF}(i+1, j+1) = & \left[ \left[ R(i-3, j+1) / 8 + R(i-1, j+1) / 4 + R(i+1, j+1) / 4 + R(i+3, j+1) / 4 + R(i+5, j+1) / 8 \right. \right. \\ & + R(i+1, j-3) / 8 + R(i+1, j-1) / 4 + R(i+1, j+1) / 4 \\ & \left. \left. + R(i+1, j+3) / 4 + R(i+1, j+5) / 8 \right] / 2 \right] \end{aligned}$$

…（９）

【００６１】

Ｒ画素の配列は（ｉ，ｊ）、（ｉ＋１，ｊ）、（ｉ，ｊ＋１）、（ｉ＋１，ｊ＋１）の繰り返しであるため、上記式（６）から式（９）にてＲ信号のＬＰＦ値を算出することができる。Ｒ信号のＬＰＦ値の演算は図１のＬＰＦ８ｒによって算出され、演算手段１０に入力される。

【００６２】

また、座標（ｉ，ｊ）におけるＲ信号のＨＰＦ値ＲＨＰＦは、次式（１０）にて算出される。

【００６３】

$$\text{RHPF}(i, j) = \left[ -\{R(i-3, j-1) + R(i-3, j+1)\} / 2 + \{R(i-1, j-1) + R(i-1, j+1)\} / 2 + \{R(i+1, j-1) + R(i+1, j+1)\} / 2 \right]$$

$$\begin{aligned}
& - \{R(i-1, j-3) + R(i+1, j-3)\} / 2 + \{R(i-1, j-1) + R(i+1, j-1)\} / 2 + \{R(i-1, j+1) + R(i+1, j+1)\} / 2 - \\
& \{R(i-1, j+3) + R(i+1, j+3)\} / 2] / 2 \\
& \dots (10)
\end{aligned}$$

【0064】

座標  $(i+1, j)$  における R 信号の HPF 値 RHPF は、次式 (11) にて算出される。

【0065】

$$\begin{aligned}
RHPF(i+1, j) = & [-\{R(i-3, j-1) + R(i-3, j+1)\} / 2 / 4 - \{R(i-1, j-1) + R(i-1, j+1)\} / 2 + 2.5 \{R(i+1, j-1) + R(i+1, j+1)\} / 2 - \{R(i+3, j-1) + R(i+3, j+1)\} / 2 - \{R(i+5, j-1) + R(i+5, j+1)\} / 2 / 4] \\
& + [-R(i+1, j-3) + R(i+1, j-1) + R(i+1, j+1) - R(i+1, j+3)] / 2 \\
& \dots (11)
\end{aligned}$$

【0066】

一方、R 信号が予め存在する行、例えば  $j+1$  行の画素位置  $(i, j+1)$  の R 信号の HPF 値 RHPF は、次式 (12) にて算出される。

【0067】

$$\begin{aligned}
RHPF(i, j+1) = & [-\{R(i-3, j+1) + R(i-1, j+1) + R(i+1, j+1) - R(i+3, j+1)\} \\
& + [-\{R(i-1, j-3) + R(i+1, j-3)\} / 2 / 4 - \{R(i-1, j-1) + R(i+1, j-1)\} / 2 + 2.5 \{R(i-1, j+1) + R(i+1, j+1)\} / 2 - \{R(i-1, j+3) + R(i+1, j+3)\} / 2 - \{R(i-1, j+5) + R(i+1, j+5)\} / 2 / 4] / 2 \\
& \dots (12)
\end{aligned}$$

【0068】

さらに、R 信号が予め存在する行、例えば  $j-1$  行の画素位置  $(i+1, j+1)$  の R 信号の HPF 値 RHPF は、次式 (13) にて算出される。

【0069】

$$\begin{aligned}
RHPF(i+1, j+1) = & [\{-R(i-3, j+1) / 4 - R(i-1, j+1) + 2.5 R(i+1, j+1) - R(i+3, j+1) - R(i+5, j+1) / 4\} \\
& + \{-R(i+1, j-3) / 4 - R(i+1, j-1) + 2.5 R(i+1, j+1) - R(i+1, j+3) - R(i+1, j+5) / 4\}] / 2 \\
& \dots (13)
\end{aligned}$$

【0070】

R 画素の配列は  $(i, j)$ 、 $(i+1, j)$ 、 $(i, j+1)$ 、 $(i+1, j+1)$  の繰り返しであるため、上記式 (10) から式 (13) にて R 信号の HPF 値も算出することができる。R 信号の HPF 値の演算は図 1 の HPF 7 r によって算出され、演算手段 10 に入力される。

【0071】

最後に、B 信号の LPF 値、HPF 値であるが、B 画素の配列は R 画素の配列と座標値が異なるだけであり、同様の配列をしている。よって、式 (6) から式 (13) に示した R 信号の LPF、HPF の算出式と同様に、その座標を変えるだけで算出することができるためその詳細式は省略する。B 信号の LPF 値の演算は図 1 の LPF 8 b によって算出され、演算手段 10 に入力される。また、B 信号の HPF 値の演算は図 1 の HPF 7 b によって算出され、演算手段 10 に入力される。

【0072】

以上示した LPF および HPF の算出式は式 (1) に用いるための値を算出する式であ

るが、一例に過ぎず、例えば、L111画素の補間式およびR111画素の補間式において用いる画素数や係数は画像の大きさや解像度に応じて他の値を適切に設けても良い。

#### 【0073】

上述した式(2)から式(13)により、R、G、B信号の画像全ての画素位置に対するLPF値と、HPF値とが求められる。ステップS1ではR画素の位置における欠落したG信号を算出する。R画素の位置におけるG信号は式(1)に従い次式(14)にて算出される。R画素は $(i+n, j+m)$  ( $n, m$ は奇数)の位置に存在するため、これに伴い式(1)とは座標値が異なるものとなる。

#### 【0074】

$$G(i+n, j+m) = \{R(i+n, j+m) + q(GHPF(i+n, j+m) - RHPF(i+n, j+m))\} + r(GLPF(i+n, j+m) - RLPF(i+n, j+m))$$

…(14)

#### 【0075】

式(14)にて示したGHPF、GLPF、RHPF、RLPFは上述した式(2)から式(13)にて算出したHPF出力およびLPF値である。定数 $q$ 、 $r$ は画像が最適に補間されるように予め定めておけばよい。例えば、 $q=0.25$ 、 $r=1$ で良好に画素補間を行うことができるが、この値に限定されるものではない。図18は、式(14)による補間の結果得られたG信号 $g_r$ をそれぞれ対応するR画素位置に2次元的に示す。

#### 【0076】

次に、ステップS2の演算処理に移る。ステップS2はB画素の位置において欠落したG信号を補間する。B画素の位置におけるG信号は式(1)に従い次式(15)にて算出される。B画素は $(i+s, j+t)$  ( $s, t$ は偶数)の位置に存在するため、これに伴い式(1)とは座標値が異なるものとなる。

#### 【0077】

$$G(i+s, j+t) = \{B(i+s, j+t) + q(GHPF(i+s, j+t) - BHPF(i+s, j+t))\} + r(GLPF(i+s, j+t) - BLPF(i+s, j+t))$$

…(15)

#### 【0078】

図19は、式(15)による補間の結果得られたG信号 $g_b$ をそれぞれ対応するB画素位置に2次元的に示す。図19には、式(14)による補間の結果 $g_r$ も示されている。式(14)による、R画素位置のG信号の補間、及び式(15)による、B画素位置におけるG信号の補間により、全画素位置におけるG信号が得られる。

#### 【0079】

次に、ステップS3の演算処理に移る。ステップS3はG画素の位置において欠落したR信号を補間する。G画素の位置におけるR信号は式(1)に従い次式(16)、式(17)にて算出される。G画素は $(i+s, j+m)$  ( $s$ は偶数、 $m$ は奇数)の位置と $(i+n, j+t)$  ( $n$ は奇数、 $t$ は偶数)とに存在するため、これに伴い式(1)とは座標値が異なるものとなる。

#### 【0080】

$$R(i+s, j+m) = \{G(i+s, j+m) + q(RHPF(i+s, j+m) - GHPF(i+s, j+m))\} + r(RLPF(i+s, j+m) - GLPF(i+s, j+m))$$

…(16)

#### 【0081】

$$R(i+n, j+t) = \{G(i+n, j+t) + q(RHPF(i+n, j+t) - GHPF(i+n, j+t))\} + r(RLPF(i+n, j+t) - GLPF(i+n, j+t))$$

…(17)

図 20 は、式 (16) 及び式 (17) による補間の結果得られた R 信号  $r_g$  をそれぞれ対応する G 画素位置に 2 次元的に示す。

なお、式 (16) および式 (17) においても RLPF, RHPF, GLPF, GHPF は上述した式 (2) から式 (13) に示した LPF および HPF の出力値であるが、GLPF および GHPF については、ステップ S1 およびステップ S2 で算出した補間値  $g_r$ 、 $g_b$  を用いて新たに算出してもよい。その場合、図 1 に示すように、演算手段 10 にて算出した補間値  $g_r$ 、 $g_b$  を一度 2 次元メモリ 6g へ出力し、一時的に記憶保持した後、再度 HPF7g、LPF8g にて算出することとなる。

【 0 0 8 3 】

次に、ステップ S4 の演算処理に移る。ステップ S4 は G 画素の位置において欠落した B 信号を補間する。G 画素の位置における B 信号は式 (1) に従い次式 (18)、式 (19) にて算出される。G 画素は  $(i+s, j+m)$  ( $s$  は偶数、 $m$  は奇数) の位置と  $(i+n, j+t)$  ( $n$  は奇数、 $t$  は偶数) とに存在するため、これに伴い式 (1) とは座標値が異なるものとなる。

【 0 0 8 4 】

$$B(i+s, j+m) = \{G(i+s, j+m) + q(BHPF(i+s, j+m) - GHPF(i+s, j+m))\} + r(BLPF(i+s, j+m) - GLPF(i+s, j+m))$$

… (18)

【 0 0 8 5 】

$$B(i+n, j+t) = \{G(i+n, j+t) + q(BHPF(i+n, j+t) - GHPF(i+n, j+t))\} + r(BLPF(i+n, j+t) - GLPF(i+n, j+t))$$

… (19)

【 0 0 8 6 】

図 21 は、式 (18) 及び式 (19) による補間の結果得られた B 信号  $b_g$  をそれぞれ対応する G 画素位置に 2 次元的に示す。

なお、本式 (18) および式 (19) においても BLPF, BHPF, GLPF, GHPF は上述した LPF および HPF の出力値であるが、GLPF および GHPF については、ステップ S1 およびステップ S2 で算出した補間値  $g_r$ 、 $g_b$  を用いて新たに算出してもよい。

【 0 0 8 7 】

次に、ステップ S5 の演算処理に移る。ステップ S5 は B 画素の位置において欠落した R 信号を補間する。B 画素の位置における R 信号は式 (1) に従い次式 (20) にて算出される。B 画素は  $(i+s, j+t)$  ( $s, t$  は偶数) の位置に存在するため、これに伴い式 (1) とは座標値が異なるものとなる。

【 0 0 8 8 】

$$R(i+s, j+t) = \{G(i+s, j+t) + q(RHPF(i+s, j+t) - GHPF(i+s, j+t))\} + r(RLPF(i+s, j+t) - GLPF(i+s, j+t))$$

… (20)

【 0 0 8 9 】

図 22 は、式 (20) による補間の結果得られた R 信号  $r_b$  をそれぞれ対応する B 画素位置に 2 次元的に示す。図 22 にはまた、式 (16) 及び式 (17) による補間の結果得られた R 信号  $r_g$  をそれぞれ対応する G 画素位置に示されている。式 (16) 及び式 (17) による補間と、式 (31) による補間の結果、すべての画素の R 信号が揃う。

なお、式 (20) においても RLPF, RHPF, GLPF, GHPF は上述した LPF および HPF の出力値であるが、GLPF および GHPF については、ステップ S1 およびステップ S2 で算出した補間値  $g_r$ 、 $g_b$  を用いて新たに算出してもよい。また、R



LPF、BHPFも、ヘリツノフィルタに昇山した補間値を用いて新たに昇山してもよい。

#### 【0090】

次に、ステップS6の演算処理に移る。ステップS6はR画素の位置において欠落したB信号を補間する。R画素の位置におけるB信号は式(1)に従い次式(21)にて算出される。R画素は $(i+n, j+m)$  ( $n, m$ は奇数)の位置に存在するため、これに伴い式(1)とは座標値が異なるものとなる。

#### 【0091】

$$B(i+n, j+m) = \{G(i+n, j+m) + q(BHPF(i+n, j+m) - GHPF(i+n, j+m))\} + r(BLPF(i+n, j+m) - GLPF(i+n, j+m)) \quad \cdots (21)$$

#### 【0092】

図23は、式(21)による補間の結果得られたB信号 $b_r$ をそれぞれ対応するR画素位置に2次元的に示す。図23にはまた、式(18)及び式(19)による補間の結果得られたB信号 $b_g$ がそれぞれ対応するG画素位置が示されている。式(18)及び式(19)による補間と、式(21)による補間の結果、すべての画素のB信号が揃う。

なお、式(21)においてもBLPF, BHPF, GLPF, GHPFは上述したLPFおよびHPFの出力値であるが、GLPFおよびGHPFについては、ステップS1およびステップS2で算出した補間値 $g_r, g_b$ を用いて新たに算出してもよい。また、BLPF、BHPFも、ステップS4にて算出した補間値 $b_g$ を用いて新たに算出してもよい。

#### 【0093】

以上ステップS1からステップS6の演算により、各画素において欠落した色信号を補間し、全画素のR, G, B信号が得られる。

#### 【0094】

実施の形態2。

次に実施の形態2の画像信号処理装置を説明する。実施の形態2の画像信号処理装置を備えた撮像装置の全体的構成は、図1に示すごとくであるが、演算手段10の構成が実施の形態1とは異なる。図24は、実施の形態2の演算手段の構成を示す。図24に示された演算手段は、概して図12の演算手段と同様であるが、差計算手段26の代わりに比計算手段32を備え、加算手段29の代わりに、加算手段33と乗算手段34の組合せを有する点で異なる。

#### 【0095】

比計算手段32は、選択手段24kの出力と選択手段24hの出力の比 $kLPF/hLPF$ を求める。

この実施の形態2では、LPF8r、8g、8bと、選択手段24k、24hと、比計算手段32とで、補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、第kの分光感度特性の画素信号の低周波数成分と、補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、第hの分光感度特性の画素信号の低周波数成分との比を算出する比算出手段が構成されている。

係数乗算手段28は、比計算手段32の出力 $kLPF/hLPF$ に所定の係数rを描け、その積 $r(kLPF/hLPF)$ を出力する。

加算手段33は、選択手段21から出力される画素値hと、係数乗算手段27から出力される値 $q(kHPF-hHPF)$ とを加算して、その和 $h+q(kHPF-hHPF)$ を出力する。

#### 【0096】

乗算手段34は、加算手段33の出力 $h+q(kHPF-hHPF)$

と、係数乗算手段 27 の出力

$r(kLPF/hLPF)$

とを乗算し、その積

$\{h + q(kHPF - hHPF)\} \times r(kLPF - hLPF)$

を出力する。

乗算手段 34 の出力が、補間対象画素の第 k の色の色成分値（補間値）として用いられる。

【0097】

上記のうち、選択手段 21 と、係数乗算手段 27、28 と、加算手段 33 と、乗算手段 34 とにより、補間対象画素位置における第 h の色の画素信号と、低周波数成分の比  $(kLPF/hLPF)$  と、非相関値  $(kHPF - hHPF)$  とに基づいて、補間対象画素位置における第 k の色の画素信号（補間値）を求める補間値算出手段が構成されている。より詳しく言うと、この補間値算出手段は、補間対象画素の位置における一つの色（第 h の色）の画素信号と、差計算手段 25 で求めた非相関値  $(kHPF - hHPF)$  に第 1 の所定の係数  $(q)$  を掛けたものとの和と、比計算手段 32 で求めた低周波数成分の比  $(kLPF/hLPF)$  に第 2 の所定の係数  $(r)$  を掛けたものとを乗算することにより、補間対象画素位置における他の色（第 k の色）の画素信号を求める。

【0098】

補間値算出手段で算出された補間値は例えば第 k の色の画素信号のための 2 次元メモリ  $(6r, 6g, 6b)$  のいずれかに記憶され、或いは出力端子 11 から出力される。

【0099】

上記した演算手段 10 による補間演算は次式 (22) で表される。

【0100】

$k(i, j)$

$$= [h(i, j) + q\{kHPF(i, j) - hHPF(i, j)\}] \\ \times r\{kLPF(i, j)/hLPF(i, j)\} \\ \dots (22)$$

【0101】

式 (22) において、式 (1) と同様に  $k(i, j)$  はイメージセンサ 2 上の座標  $(i, j)$  において、欠落した色信号であり、補間される色信号である。 $h(i, j)$  は  $(i, j)$  の位置に予め存在する色信号である。 $kHPF, hHPF$  は k 信号および h 信号の  $(i, j)$  の位置の周辺の画素から所定の演算により算出された HPF 値である。 $kLPF, hLPF$  は k 信号および h 信号の  $(i, j)$  の位置の周辺の画素から別の所定の演算により算出された LPF 値である。 $q$  および  $r$  は予め定めた定数である。

【0102】

式 (22) に示した算出式の意味について図 25～図 28 を参照して説明する。これらの図には、図 13～図 16 と同様に、各信号レベルとイメージセンサ 2 上の各画素の位置が示されている。また、説明を簡単にするため、イメージセンサ 2 の 1 行だけを記載し、一次元方向だけに演算を限定して示す。上部に記載したのは各色フィルタの配列であり、h は h 画素、k は k 画素、各画素の括弧 ( ) 内は画素位置を示す座標である。また、曲線 a は k 信号の真値であり、曲線 b は h 信号の真値である。曲線 a、b 上において、黒丸印 (●) で示した箇所は、イメージセンサ 2 から出力された k 信号及び h 信号の画素信号値である。曲線 c、d はそれぞれ k 信号、h 信号の LPF 値であり、曲線 e、f はそれぞれ k 信号、h 信号の HPF 値である。これら図を参照して、画素位置  $(i, j)$  における k 信号の画素補間を行う方法を具体的に述べる。

図 25 は、k 信号と h 信号との間に正の相関がある場合を示し、図 26 及び図 27 は、k 信号と h 信号との間に相関がない場合を示し、図 28 は、k 信号と h 信号との間に負の相関がある場合を示す。

【0103】

最初に図 25 を参照して k 信号と h 信号との間に正の相関がある場合について説明する

。曲線cとdと小される間11は、k信号とh信号の変化が同様の場合、同じ値となるため重なって描写されている。

従来技術によるバイリニア方法では、画素位置 $(i-1, j)$ と $(i+1, j)$ におけるk信号を用いてその平均値を画素位置 $(i, j)$ におけるk信号とする。バイリニア方法によって補間された信号レベルを、図25において白三角印( $\Delta$ )で示したが、求められるべき真値と補間誤差が生じている。

#### 【0104】

一方、本実施の形態による補間方法では、画素位置 $(i, j)$ において既知の値 $h(i, j)$ に非相関値 $(kHPF - hHPF)$ を係数 $q$ を乗じた後加算し、加算結果に、 $kLPF/hLPF$ に係数 $r$ を乗じたものを乗算することにより得られた値が、補間信号 $k(i, j)$ となる。 $kLPF/hLPF$ は、LPF値の比を表すものであり、この比は、相関の程度を表し、相関の度合いが高いほど「1」により近くなる。

#### 【0105】

実施の形態1にて述べたように画像の局所的な領域では信号の変化には強い相関がある。よって、信号の緩やかな変化を示すLPF値とそれぞれの信号との間には次式(23)が成り立つ。

#### 【0106】

$$k(i, j) : h(i, j) = kLPF(i, j) : hLPF(i, j) \quad \dots (23)$$

#### 【0107】

式(23)を変形すると、h画素のある $(i, j)$ における $k(i, j)$ の信号は次式(24)で表すことができる。

#### 【0108】

$$k(i, j) = h(i, j) \times kLPF(i, j) / hLPF(i, j) \quad \dots (24)$$

#### 【0109】

式(24)は画像の局所的な領域では信号の変化に強い相関を持つと仮定しており、画像のほとんどの領域では上記仮定が成り立つため、信号の変化に正の相関の高い領域では精度の高い画素補間を可能とする。しかし、実施の形態1と同様に画像のエッジなど相関がない領域や、負の相関を有する領域では画素補間誤差が発生する。

#### 【0110】

図25では画素位置 $(i, j)$ における、曲線cとdとの比が $kLPF/hLPF$ となる。画素位置 $(i, j)$ における曲線eとfの差が $(kHPF - hHPF)$ となる。本実施の形態による補間方法では、画素位置 $(i, j)$ において既知の値 $h(i, j)$ から $(kHPF - hHPF)$ に係数 $q$ を掛けたものを加算し、 $kLPF/hLPF$ に係数 $r$ を掛けたものを乗ずる。式(22)で示す本方法によって算出された補間信号 $k(i, j)$ を図25に白丸印( $\circ$ )にて示す。真値に対して精度良く画素補間が実現できている。図25に示したように、k信号とh信号との信号の変化が同様である場合、 $(kHPF - hHPF)$ は“0”に近くなるため、LPFから求められる変化の信号間の比に比例した値を掛けることにより補間信号が算出されることになる。本方法により、色信号間の相関が大きい場合精度良く画素補間を行うことができる。

#### 【0111】

次に色信号間に相関が無い場合について説明する。画像のエッジなどでは各色の間の相関が低くなるため式(24)では補間誤差が生じてしまう。そこで、エッジ部では相関が低くなることを考慮し、式(24)にHPFの信号差 $(kHPF - hHPF)$ を挿入し、上記式(22)の補間方法とすることで上記の問題を解決することができる。式(22)において、 $(kHPF(i, j) - hHPF(i, j))$ は画像エッジ部の信号成分の差であり、k信号とh信号の変化にエッジ部でも強い相関がある場合には、“0”となるため、式(22)で $r=1$ であれば、式(24)と同じ式となる。各色の相関が無い場合には、 $(kHPF(i, j) - hHPF(i, j))$ が各色の信号の固有の値に関係するの

し、白丸印(○)に示す信号レベルはk信号の真値から離れた位置の値となる。

#### 【0112】

図26及び図27に各信号レベルとイメージセンサ2上の各画素の位置を示す。図26及び図27に示した信号ではk信号とh信号の変化に相関が無い。

#### 【0113】

まず、図26を参照して説明する。図26の例では、k信号に変化が無いいため曲線eで示されるk信号のHPF値 $k_{HPF}$ は“0”である。

式(24)で示した色の相関変化だけを用いた補間を行う場合、画素位置(i, j)における補間対象のk信号は変化していないにもかかわらず、参照とするh信号が変化しているため、白四角印(□)で示す信号レベルに画素補間され、補間誤差が生じる。しかし、k信号とh信号との信号変化にとれだけ相関が無いかは、 $(k_{HPF} - h_{HPF})$ の値として求められることとなる。よって、 $(k_{HPF} - h_{HPF})$ の値に係数qを掛けたものが、 $h(i, j)$ の値に加算され、加算結果に、 $r(k_{LPF}/h_{LPF})$ が乗算される。図26の場合、 $k_{HPF}$ は“0”であり、画素位置(i, j)における $(k_{HPF} - h_{HPF})$ は負の値になるため、 $h(i, j)$ の値はある値が差し引かれることとなる。本実施の形態による演算(式(24))の画素補間の信号レベルを白丸印(○)にて示す。真値と比べ精度高く補間できている。このように信号間に相関が無い場合でも精度高く画素補間を行うことができる。

#### 【0114】

図27には図26とは逆にk信号が変化して、h信号に変化が無い、2つの色信号間に相関が無い別の例を示す。式(22)による色の相関変化だけを用いた補間を行う場合、 $h(i, j)$ の信号に $k_{LPF}/h_{LPF}$ の信号レベル比に係数rを掛けたものが乗算されることになる。この場合、画素補間された信号レベルを図27において白四角印(□)で示す信号レベルとなる。白四角印に示す信号レベルはk信号の真値から離れた位置の値となるため補間誤差が生じていることが分かる。

一方、本実施の形態による画素補間方法では、画素位置(i, j)におけるh信号 $h(i, j)$ に $(k_{LPF} - h_{LPF})$ に係数rを掛けたものが加算され、加算結果に、 $r(k_{LPF}/h_{LPF})$ が乗算される。図27の場合、 $h_{HPF}$ は“0”であり、画素位置(i, j)における $(k_{HPF} - h_{HPF})$ は正の値となる。本実施の形態による補間方法では補間された信号レベルは白丸印(○)の位置となり、k信号の真値に対して精度高く補間される。

#### 【0115】

図26及び図27では色信号間に相関が無い場合について説明したが、次に色信号間に負の相関がある場合について説明する。図28にk信号とh信号との間に負の相関がある場合を示す。バイリニア補間方法による画素補間は白三角印(△)で示す信号レベルであり図25と同様に真値に対して補間誤差が生じている。また、負の相関関係である場合、式(24)による色の相関変化だけを用いた画素補間では白四角印(□)で示すようにさらに補間誤差が拡大する。本実施の形態による補間方法では白丸印(○)で示すように精度高く画素補間が実現できている。

以上のように、色信号間に正の相関がある場合、相関が無い場合、負の相関となっている場合のいずれにおいても精度の高い画素補間を行うことができる。

#### 【0116】

画素補間の演算処理については実施の形態1と同様に、図17に示したフローチャートの手順にて行う。フローチャートに示した6つの処理がすべて終わったときに、1画面上のすべての画素位置のすべての画素における不足した色の画素信号が揃う。

#### 【0117】

各手順における演算処理を具体的に説明する。まず、各色信号R, G, BのHPF、LPF値は実施の形態1と同様に式(2)から式(13)に示す演算にて求められる。

#### 【0118】

まず、ステップS1の演算処理について説明する。ステップS1ではR画素の位置にお

ける八倍したG信号を算出する。R画素の位置におけるG信号は式(22)に従い式(25)にて算出される。R画素は $(i+n, j+m)$  ( $n, m$ は奇数)の位置に存在するため、これに伴い式(22)とは座標値が異なるものとなる。

【0119】

$$G(i+n, j+m) = \{R(i+n, j+m) + q(GHPF(i+n, j+m) - RHPF(i+n, j+m))\} \times r(GLPF(i+n, j+m) / RLPF(i+n, j+m))$$

…(25)

【0120】

定数 $q, r$ は画像が最適に補間されるように予め定めておけばよい。例えば、 $q=0, 25, r=1$ でも良好に画素補間を行うことができる。図18は、式(25)による補間の結果 $g_r$ をそれぞれ対応するR画素位置に示す。

【0121】

次に、ステップS2の演算処理に移る。ステップS2はB画素の位置において欠落したG信号を補間する。B画素の位置におけるG信号は式(22)に従い次式(26)にて算出される。B画素は $(i+s, j+t)$  ( $s, t$ は偶数)の位置に存在するため、これに伴い式(22)とは座標値が異なるものとなる。

【0122】

$$G(i+s, j+t) = \{B(i+s, j+t) + q(GHPF(i+s, j+t) - BHPF(i+s, j+t))\} \times r(GLPF(i+s, j+t) / BLPF(i+s, j+t))$$

…(26)

【0123】

図19は、式(26)による補間の結果 $g_b$ をそれぞれ対応するB画素位置に示す。図19には、式(25)による補間の結果 $g_r$ も示されている。式(25)による、R画素位置のG信号の補間、及び式(26)による、B画素位置におけるG信号の補間により、全画素位置におけるG信号が得られる。

【0124】

次に、ステップS3の演算処理に移る。ステップS3はG画素の位置において欠落したR信号を補間する。G画素の位置におけるR信号は式(22)に従い次式(27)、式(28)にて算出される。G画素は $(i+s, j+m)$  ( $s$ は偶数、 $m$ は奇数)の位置と $(i+n, j+t)$  ( $n$ は奇数、 $t$ は偶数)とに存在するため、これに伴い式(22)とは座標値が異なるものとなる。

【0125】

$$R(i+s, j+m) = \{G(i+s, j+m) + q(RHPF(i+s, j+m) - GHPF(i+s, j+m))\} \times r(RLPF(i+s, j+m) / GLPF(i+s, j+m))$$

…(27)

【0126】

$$R(i+n, j+t) = \{G(i+n, j+t) + q(RHPF(i+n, j+t) - GHPF(i+n, j+t))\} \times r(RLPF(i+n, j+t) / GLPF(i+n, j+t))$$

…(28)

【0127】

図20は、式(27)及び式(28)による補間の結果得られたR信号 $r_g$ をそれぞれ対応するG画素位置に2次元的に示す。

なお、式(27)および式(28)においても $RLPF, RHPF, GLPF, GHPF$ は上述した $LPF$ および $HPF$ の出力値であるが、 $GLPF$ および $GHPF$ については、ステップS1およびステップS2で算出した補間値 $g_r, g_b$ を用いて新たに算出してもよい。

【0120】

次に、ステップS4の演算処理に移る。ステップS4はG画素の位置において欠落したB信号を補間する。G画素の位置におけるB信号は式(22)に従い次式(29)、式(30)にて算出される。G画素は $(i+s, j+m)$  ( $s$ は偶数、 $m$ は奇数)の位置と $(i+n, j+t)$  ( $n$ は奇数、 $t$ は偶数)とに存在するため、これに伴い式(22)とは座標値が異なるものとなる。

【0129】

$$B(i+s, j+m) = \{G(i+s, j+m) + q(BHPF(i+s, j+m) - GHPF(i+s, j+m))\} \times r(BLPF(i+s, j+m) / GLPF(i+s, j+m))$$

… (29)

【0130】

$$B(i+n, j+t) = \{G(i+n, j+t) + q(BHPF(i+n, j+t) - GHPF(i+n, j+t))\} \times r(BLPF(i+n, j+t) / GLPF(i+n, j+t))$$

… (30)

【0131】

図21は、式(29)及び式(30)による補間の結果得られたB信号 $b_g$ をそれぞれ対応するG画素位置に2次元的に示す。

なお、本式(29)および式(30)においてもBLPF, BHPF, GLPF, GHPFは上述したLPFおよびHPFの出力値であるが、GLPFおよびGHPFについては、ステップS1およびステップS2で算出した補間値 $g_r$ 、 $g_b$ を用いて新たに算出してもよい。

【0132】

次に、ステップS5の演算処理に移る。ステップS5はB画素の位置において欠落したR信号を補間する。B画素の位置におけるR信号は式(22)に従い次式(31)にて算出される。B画素は $(i+s, j+t)$  ( $s, t$ は偶数)の位置に存在するため、これに伴い式(22)とは座標値が異なるものとなる。

【0133】

$$R(i+s, j+t) = \{G(i+s, j+t) + q(RHPF(i+s, j+t) - GHPF(i+s, j+t))\} \times r(RLPF(i+s, j+t) / GLPF(i+s, j+t))$$

… (31)

【0134】

図22は、式(31)による補間の結果得られたR信号 $r_b$ をそれぞれ対応するB画素位置に2次元的に示す。図22にはまた、式(27)及び式(28)による補間の結果得られたR信号 $r_g$ がそれぞれ対応するG画素位置に示されている。式(27)及び式(28)による補間と、式(31)による補間の結果、すべての画素のR信号が揃う。

なお、式(31)においてもRLPF, RHPF, GLPF, GHPFは上述したLPFおよびHPFの出力値であるが、GLPFおよびGHPFについては、ステップS1およびステップS2で算出した補間値 $g_r$ 、 $g_b$ を用いて新たに算出してもよい。また、RLPF、RHPFも、ステップS3にて算出した補間値 $r_g$ を用いて新たに算出してよい。

【0135】

次に、ステップS6の演算処理に移る。ステップS6はR画素の位置において欠落したB信号を補間する。R画素の位置におけるB信号は式(22)に従い次式(32)にて算出される。R画素は $(i+n, j+m)$  ( $n, m$ は奇数)の位置に存在するため、これに伴い式(22)とは、座標値が異なるものとなる。

【0136】

$$B(i+n, j+m) = \{G(i+n, j+m) + q(BHPF(i+n, j+m) -$$

$$\frac{G_{LPF}(i+1, j+m) + G_{HPF}(i+1, j+m)}{2} \times \frac{B_{LPF}(i+1, j+m) + B_{HPF}(i+1, j+m)}{2}$$

… (32)

#### 【0137】

図23は、式(32)による補間の結果得られたB信号 $b_r$ をそれぞれ対応するR画素位置に2次元的に示す。図23にはまた、式(18)及び式(19)による補間の結果得られたB信号 $b_g$ がそれぞれ対応するG画素位置に示されている。式(18)及び式(19)による補間と、式(32)による補間の結果、すべての画素のB信号が揃う。

なお、式(32)においてもBLPF、BHPF、GLPF、GHPFは上述したLPFおよびHPFの出力値であるが、GLPFおよびGHPFについては、ステップS1およびステップS2で算出した補間値 $g_r$ 、 $g_b$ を用いて新たに算出してもよい。また、BLPF、BHPFも、ステップS4にて算出した補間値 $b_g$ を用いて新たに算出してよい。

#### 【0138】

以上ステップS1からステップS6の演算により、各画素において欠落した色信号を補間し、全画素のR、G、B信号が得られる。

#### 【0139】

実施の形態1及び2において、各色の信号を生成する順序は図17に示した順序に限るものではなく、信号を生成する順序を入れ替えても差し支えない。例えば、ステップS1とステップS2、ステップS3とステップS4、ステップS5とステップS6は演算の順序を差し替えることができる。

#### 【0140】

また、実施の形態1及び2において、LPFおよびHPFを2次元のフィルタリングを行う演算式を記載したが、補間対象画素の周囲における出力信号の相関性の判定を行い、相関性の強いと判断された方向に並んだ画素の出力信号のみを用いてHPFおよびLPFの出力値として用いても良い。

#### 【0141】

さらに、実施の形態1及び2で説明した演算手段10は、ソフトウェアにより、即ちプログラムされたコンピュータにより実現することもできる。

#### 【0142】

実施の形態1及び2で説明した方法で補間を行うと、各信号(R、G、B)間に相関があるときは、相関を利用した画素補間を行うことができ、画像のエッジ部分など相関が無い箇所においても、精度の高い画素補間を行うことができ、上記特許文献1(特開2001-197512号公報)に開示された方法が抱える、色の境界付近での黒ずみや白抜けなどの画像劣化が発生すると言う問題が著しく改善される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0143】

【図1】この発明の実施の形態1の画素信号処理装置を備えた撮像装置の構成を示すブロック図である。

【図2】ベイヤ型に配置されたR、G、Bの3原色の色フィルタを示す説明図である。

【図3】イメージセンサの撮像面上における、R画素の配置を示す図である。

【図4】イメージセンサの撮像面上における、G画素の配置を示す図である。

【図5】イメージセンサの撮像面上における、B画素の配置を示す図である。

【図6】R信号のLPF値を示す図である。

【図7】G信号のLPF値を示す図である。

【図8】B信号のLPF値を示す図である。

【図9】R信号のHPF値を示す図である。

【図10】G信号のHPF値を示す図である。

【図11】B信号のHPF値を示す図である。

【図 1 2】大抵の形態 1 の例昇下板の構成を示すフローチャートである。

【図 1 3】k 信号と h 信号の間に正の相関がある場合の、実施の形態 1 の画素補間の原理を模式的に示す説明図である。

【図 1 4】k 信号と h 信号の間に相関がない場合の、実施の形態 1 の画素補間の原理を模式的に示す説明図である。

【図 1 5】k 信号と h 信号の間に相関がない場合の、実施の形態 1 の画素補間の原理を模式的に示す説明図である。

【図 1 6】k 信号と h 信号の間に負の相関がある場合の、実施の形態 1 の画素補間の原理を模式的に示す説明図である。

【図 1 7】この発明の実施の形態 1、2 における補間手順を示すフローチャートである。

【図 1 8】R 画素位置における画素補間した G 信号の配列を示す図である。

【図 1 9】B 画素位置における画素補間した G 信号の配列を示す図である。

【図 2 0】G 画素位置における画素補間した R 信号の配列を示す図である。

【図 2 1】G 画素位置における画素補間した B 信号の配列を示す図である。

【図 2 2】B 画素位置における画素補間した R 信号の配列を示す図である。

【図 2 3】R 画素位置における画素補間した B 信号の配列を示す図である。

【図 2 4】実施の形態 2 の演算手段の構成を示すブロック図である。

【図 2 5】k 信号と h 信号の間に正の相関がある場合の、実施の形態 2 の画素補間の原理を模式的に示す説明図である。

【図 2 6】k 信号と h 信号の間に相関がない場合の、実施の形態 2 の画素補間の原理を模式的に示す説明図である。

【図 2 7】k 信号と h 信号の間に相関がない場合の、実施の形態 2 の画素補間の原理を模式的に示す説明図である。

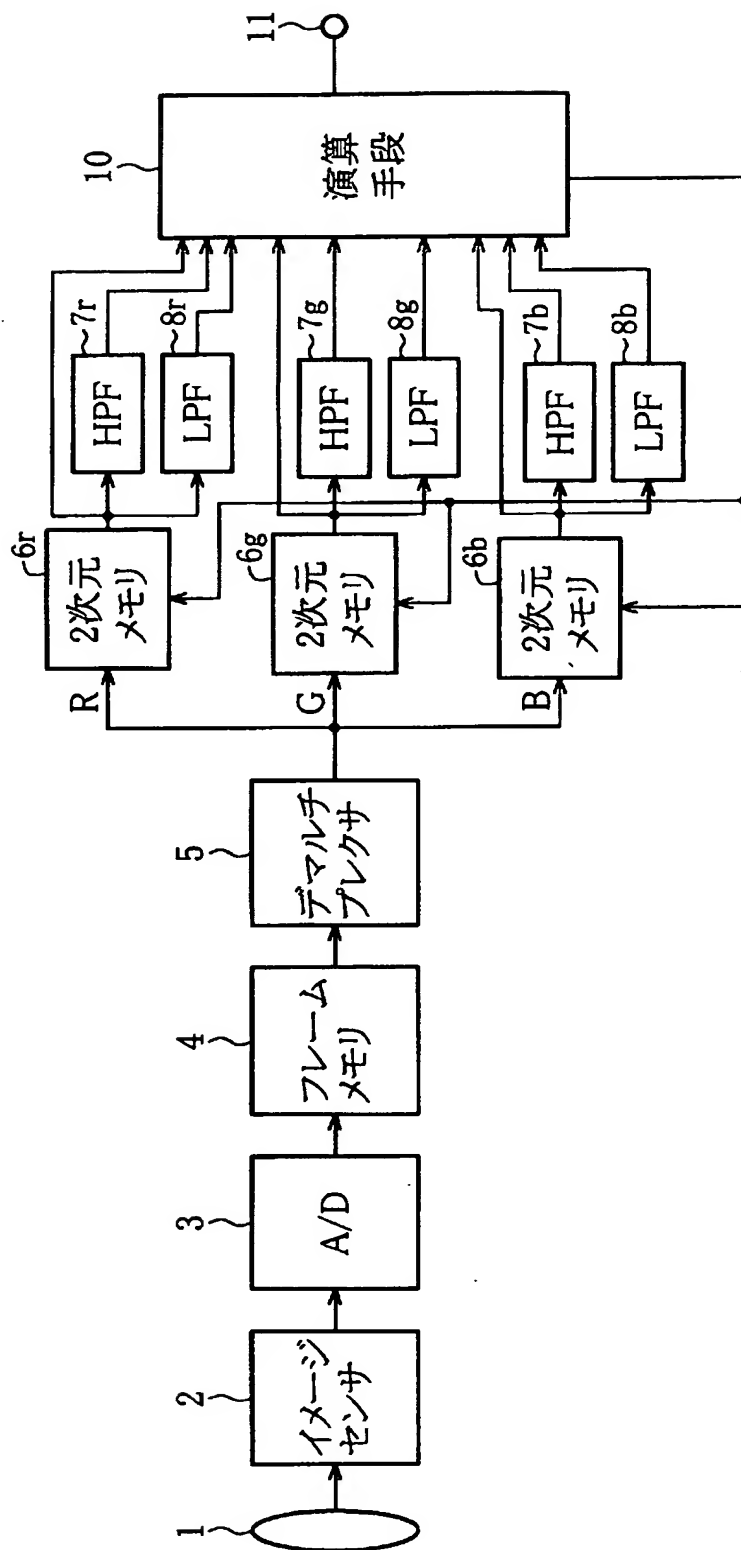
【図 2 8】k 信号と h 信号の間に負の相関がある場合の、実施の形態 2 の画素補間の原理を模式的に示す説明図である。

#### 【符号の説明】

##### 【0 1 4 4】

1 レンズ、 2 イメージセンサ、 3 A/D 変換器、 4 フレームメモリ、  
5 デマルチプレクサ、 6 r R 信号用 2 次元メモリ、 6 g G 信号用 2 次元メモリ、  
6 b B 信号用 2 次元メモリ、 7 r R 信号用 HPF、 8 r R 信号用 LPF、  
7 g G 信号用 HPF、 8 g G 信号用 LPF、 7 b B 信号用 HPF、 8 b B 信号用 LPF、  
10 演算手段、 11 出力端子、 21、23 h、23 k、24 h、24 k 選択手段、  
25、26 差計算手段、 27、28 係数乗算手段、 29 加算手段、  
30 制御手段、 32 比計算手段、 33 加算手段、 34 乗算手段。





→ H

	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	R	G	R	G	R	G	R
j-2	G	B	G	B	G	B	G
j-1	R	G	R	G	R	G	R
j	G	B	G	B	G	B	G
j+1	R	G	R	G	R	G	R
j+2	G	B	G	B	G	B	G
j+3	R	G	R	G	R	G	R

↓ V

【图 3】

→ H

	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	R		R		R		R
j-2							
j-1	R		R		R		R
j							
j+1	R		R		R		R
j+2							
j+3	R		R		R		R

↓ V

→ H

	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3		G		G		G	
j-2	G		G		G		G
j-1		G		G		G	
j	G		G		G		G
j+1		G		G		G	
j+2	G		G		G		G
j+3		G		G		G	

↓ V

【图 5】

→ H

	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3							
j-2		B		B		B	
j-1							
j		B		B		B	
j+1							
j+2		B		B		B	
j+3							

↓ V

	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF
j-2	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF
j-1	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF
j	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF
j+1	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF
j+2	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF
j+3	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF	RLPF

【图 7】

	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF
j-2	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF
j-1	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF
j	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF
j+1	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF
j+2	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF
j+3	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF	GLPF

	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF
j-2	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF
j-1	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF
j	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF
j+1	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF
j+2	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF
j+3	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF	BLPF

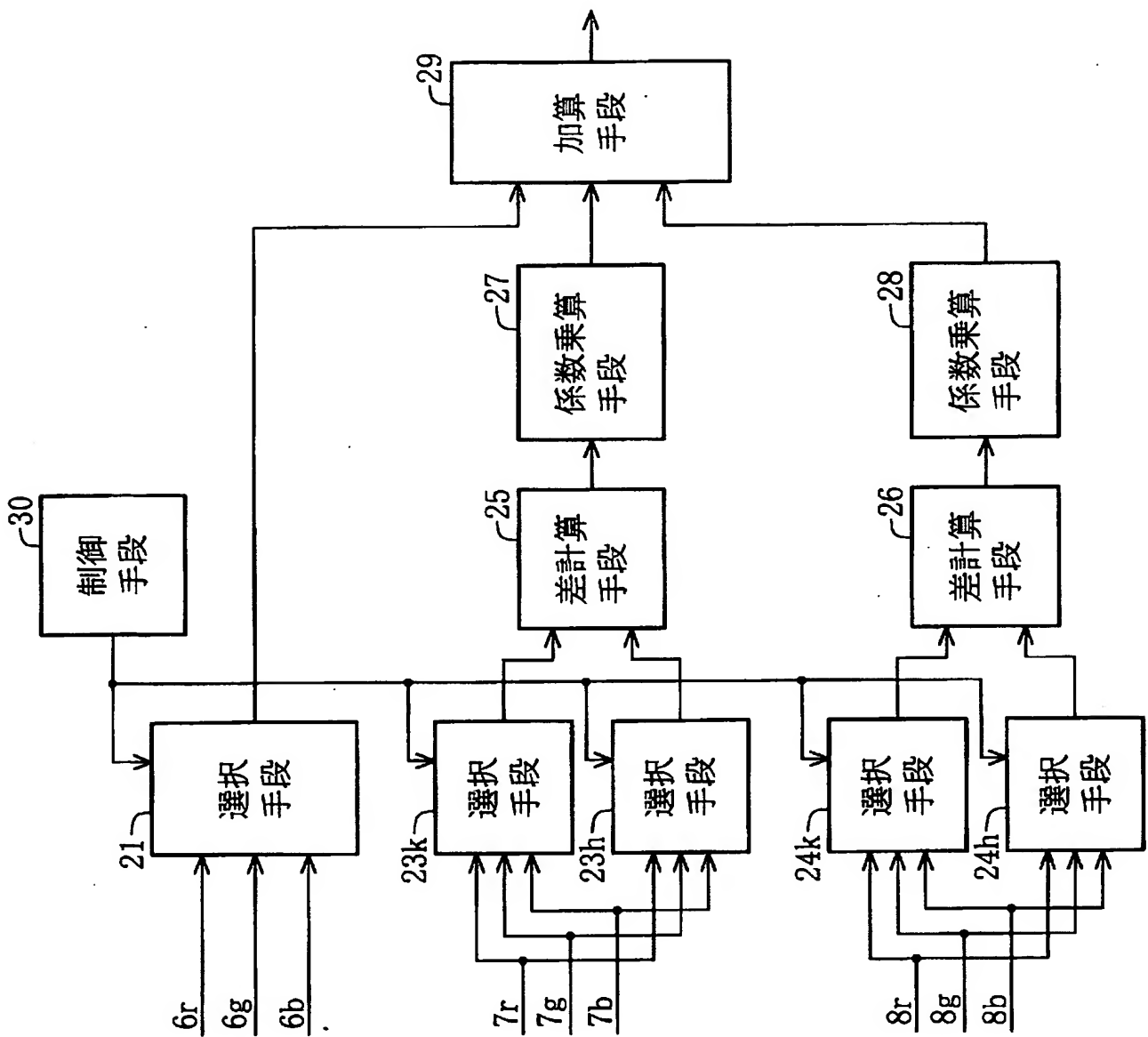
【图 9】

	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF
j-2	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF
j-1	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF
j	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF
j+1	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF
j+2	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF
j+3	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF	RHPF

	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF
j-2	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF
j-1	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF
j	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF
j+1	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF
j+2	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF
j+3	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF	GHPF

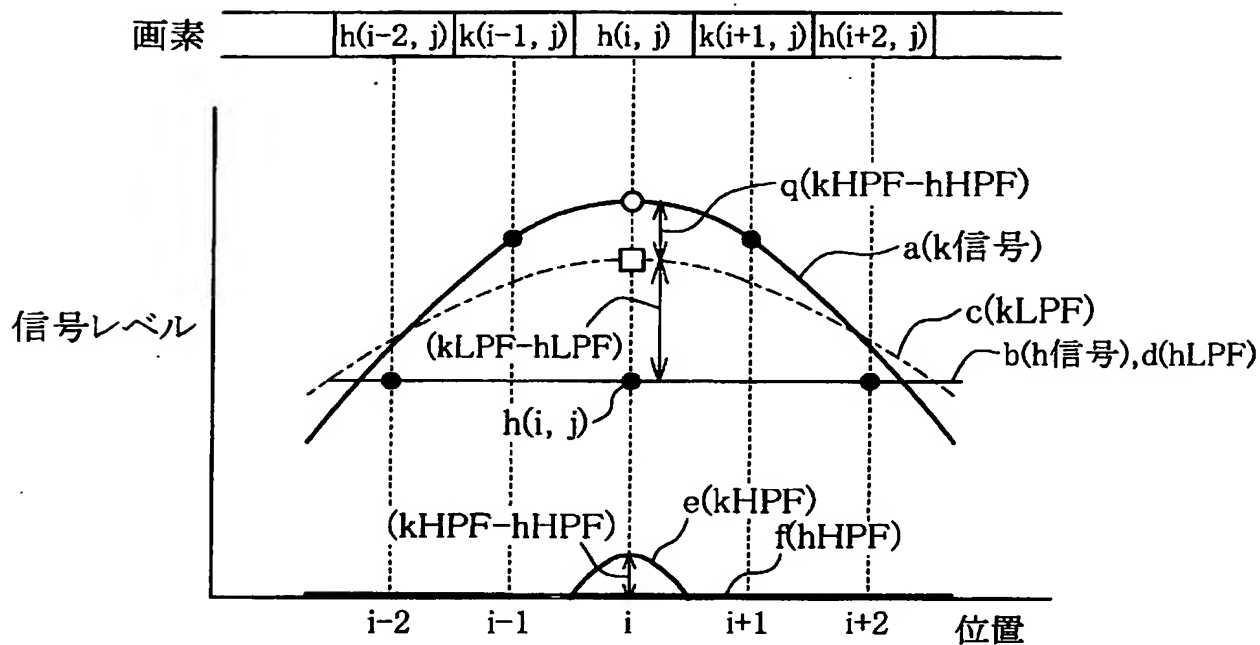
【图 1 1】

	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF
j-2	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF
j-1	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF
j	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF
j+1	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF
j+2	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF
j+3	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF	BHPF

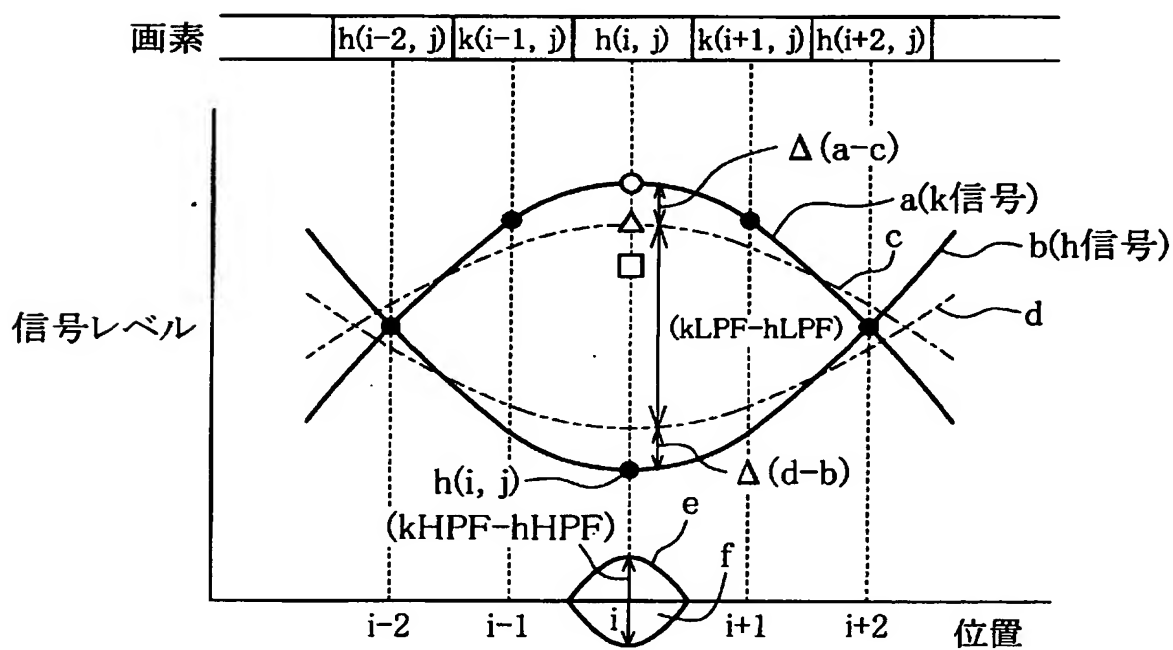


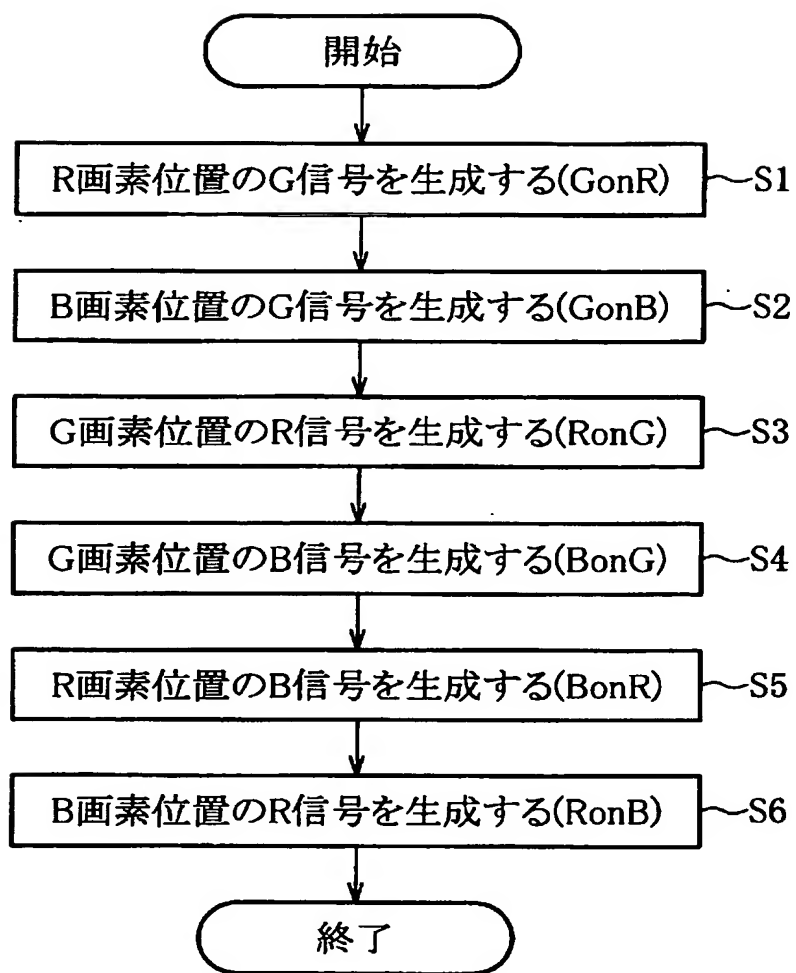






【図 16】





【 図 1 8 】

	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	gr	G	gr	G	gr	G	gr
j-2	G		G		G		G
j-1	gr	G	gr	G	gr	G	gr
j	G		G		G		G
j+1	gr	G	gr	G	gr	G	gr
j+2	G		G		G		G
j+3	gr	G	gr	G	gr	G	gr

	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	gr	G	gr	G	gr	G	gr
j-2	G	gb	G	gb	G	gb	G
j-1	gr	G	gr	G	gr	G	gr
j	G	gb	G	gb	G	gb	G
j+1	gr	G	gr	G	gr	G	gr
j+2	G	gb	G	gb	G	gb	G
j+3	gr	G	gr	G	gr	G	gr

【图 2 0】

	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	R	rg	R	rg	R	rg	R
j-2	rg		rg		rg		rg
j-1	R	rg	R	rg	R	rg	R
j	rg		rg		rg		rg
j+1	R	rg	R	rg	R	rg	R
j+2	rg		rg		rg		rg
j+3	R	rg	R	rg	R	rg	R

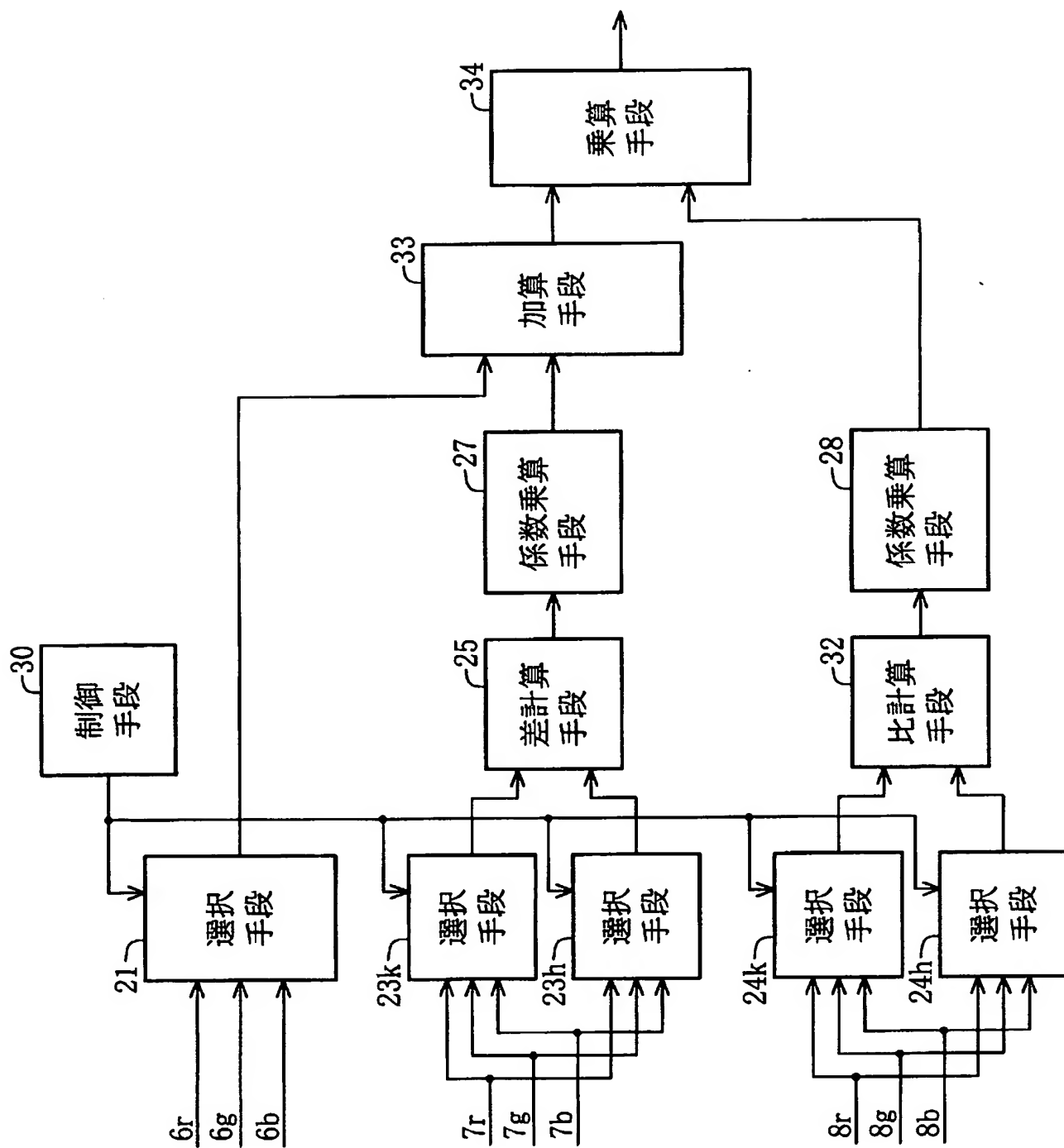
【图 2 1】

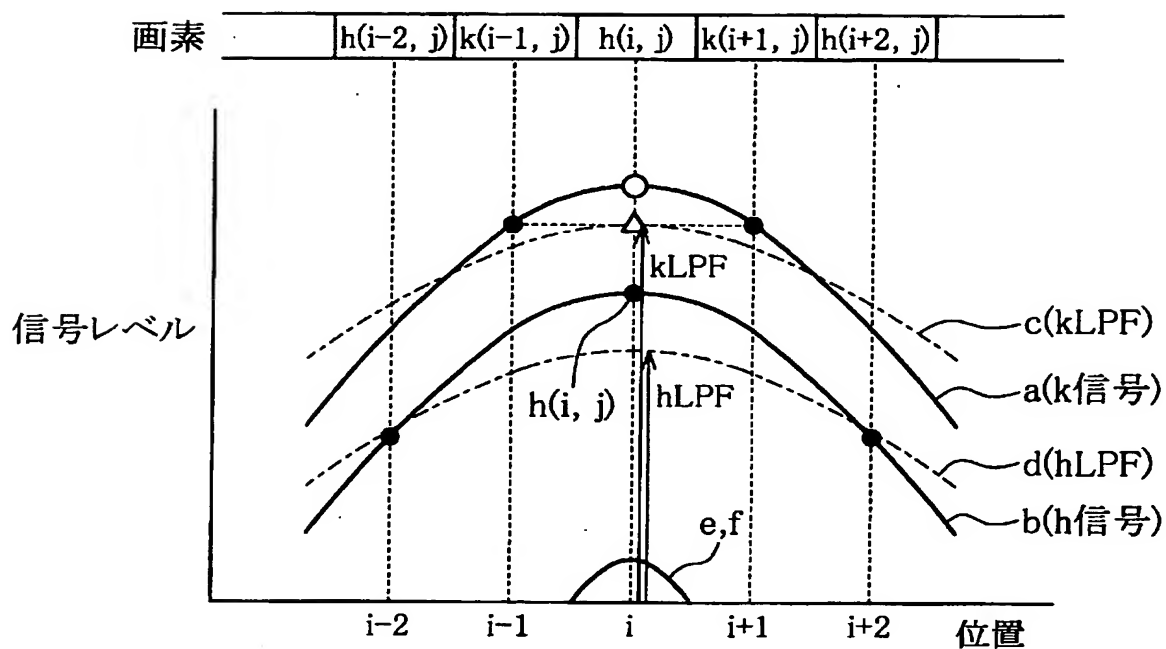
	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3		bg		bg		bg	
j-2	bg	B	bg	B	bg	B	bg
j-1		bg		bg		bg	
j	bg	B	bg	B	bg	B	bg
j+1		bg		bg		bg	
j+2	bg	B	bg	B	bg	B	bg
j+3		bg		bg		bg	

	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	R	rg	R	rg	R	rg	R
j-2	rg	rb	rg	rb	rg	rb	rg
j-1	R	rg	R	rg	R	rg	R
j	rg	rb	rg	rb	rg	rb	rg
j+1	R	rg	R	rg	R	rg	R
j+2	rg	rb	rg	rb	rg	rb	rg
j+3	R	rg	R	rg	R	rg	R

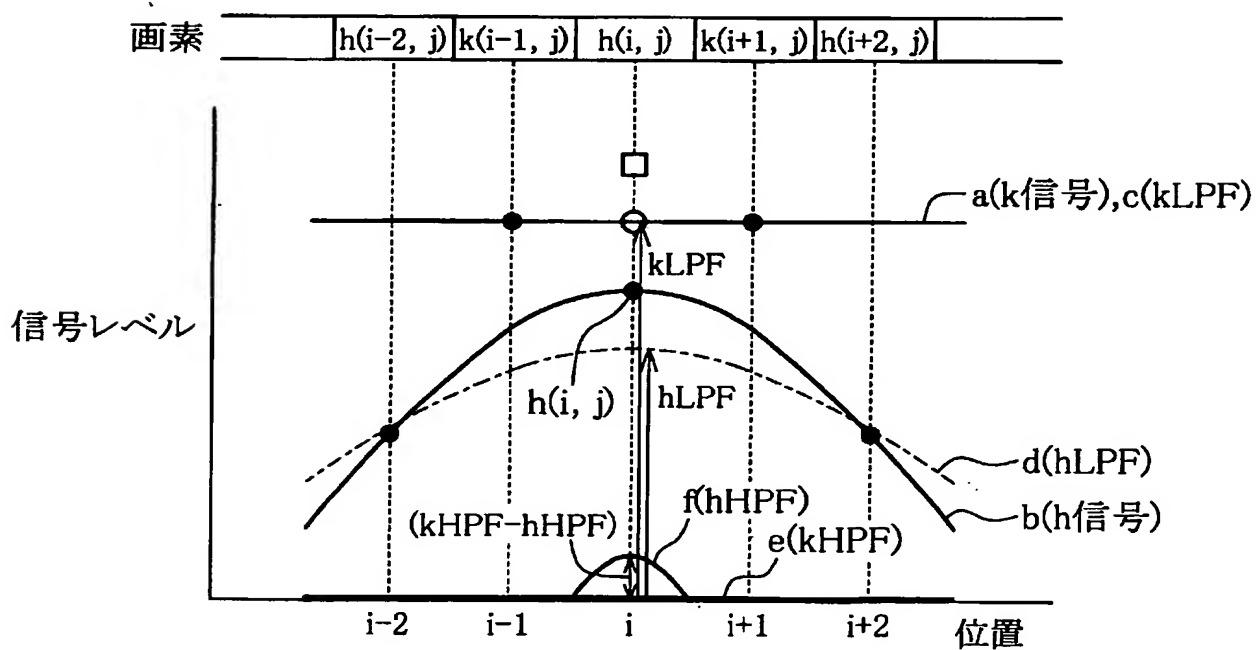
【图 2 3】

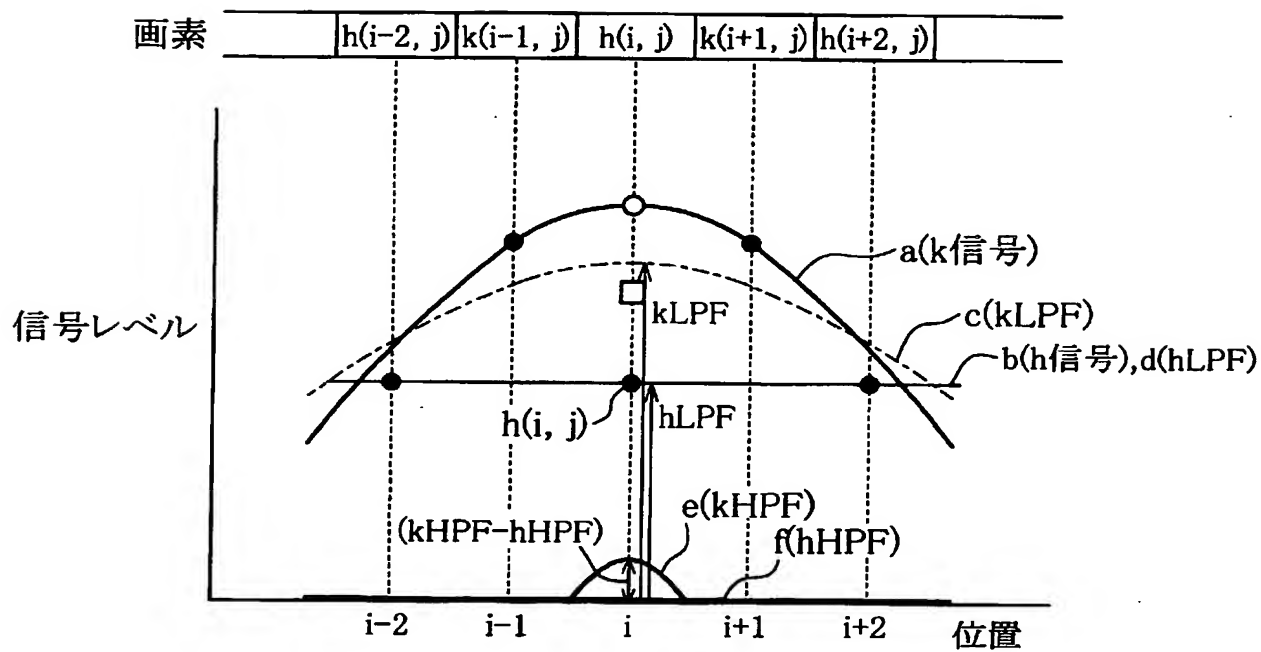
	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	br	bg	br	bg	br	bg	br
j-2	bg	B	bg	B	bg	B	bg
j-1	br	bg	br	bg	br	bg	br
j	bg	B	bg	B	bg	B	bg
j+1	br	bg	br	bg	br	bg	br
j+2	bg	B	bg	B	bg	B	bg
j+3	br	bg	br	bg	br	bg	br



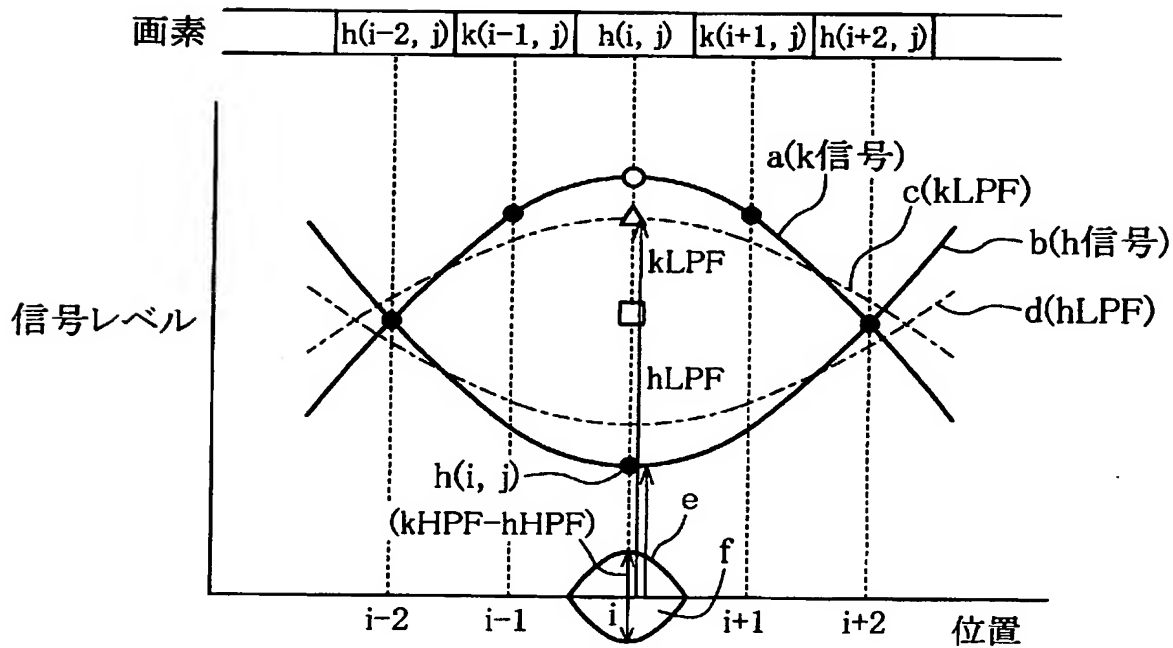


【図 2 6】





【図 28】



【要 約】

【課題】 2次元平面上に配列され、各々が複数の数の分光感度特性のうちの1つを有する画素信号の組に基づき、第hの分光感度特性の画素信号が存在する補間対象画素位置における第kの分光感度特性の画素信号を生成する場合に、色成分値相互間の相関関係が種々異なっているとしても、正確に補間を行うことができるようにする。

【解決手段】 補間対象画素位置の近傍における第k及び第hの分光感度特性の画素信号相互間の相関の程度に対応した低周波数成分の差を算出し（8 r、8 g、8 b、2 4 k、2 4 h、2 6）、補間対象画素位置の近傍の領域内における第k及び第hの分光感度特性の画素信号相互間の非相関の程度に対応した非相関値を算出し（7 r、7 g、7 b、2 3 k、2 3 h、2 5）と、算出された差と、非相関値とを用いて補間対象画素位置における第kの分光感度特性の画素信号を求める（2 7、2 8、2 9）。

【選択図】 図 1



【書類名】 予祝補正書  
【整理番号】 553316JP01  
【提出日】 平成17年 7月21日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【事件の表示】  
【出願番号】 特願2004-320181  
【補正をする者】  
【識別番号】 000006013  
【氏名又は名称】 三菱電機株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100083840  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 前田 実  
【補正により増加する請求項の数】 5

【手続補正1】  
【補正対象書類名】 特許請求の範囲  
【補正対象項目名】 全文  
【補正方法】 変更  
【補正の内容】  
【書類名】 特許請求の範囲  
【請求項1】

2次元平面上に配列され、各々が第1乃至第Nの分光感度特性のうちのいずれか1つを有する画素の画素信号の組に基づき、第h（hは1からNのうちのいずれか一つ）の分光感度特性の画素信号が存在する補間対象画素位置における第k（kはhを除く1からNのうちのいずれか一つ）の分光感度特性の画素信号を生成する画素信号処理装置において、

上記補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第kの分光感度特性の画素信号の低周波数成分と、上記補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第hの分光感度特性の画素信号の低周波数成分との差を算出する差算出手段と、

上記補間対象画素位置の近傍の領域内における上記第kの分光感度特性の画素信号と上記第hの分光感度特性の画素信号との非相関の程度に対応した非相関値を算出する非相関値算出手段と、

上記補間対象画素位置における上記第hの分光感度特性の画素信号と、上記差と、上記非相関値とに基づいて、上記補間対象画素位置における上記第kの分光感度特性の画素信号を求める補間値算出手段と

を有する画素信号処理装置。

【請求項2】

上記補間値算出手段は、上記補間対象画素位置における上記第hの分光感度特性の画素信号と、上記非相関値に第1の所定の係数を掛けたものと、上記差に第2の所定の係数を掛けたものとを加算することにより、上記補間対象画素位置における上記第kの分光感度特性の画素信号を求めることを特徴とする請求項1に記載の画素信号処理装置。

【請求項3】

上記差算出手段が、

それぞれ上記第1乃至第Nの分光感度特性の画素信号の低周波数成分を生成する複数のローパスフィルタと、

上記ローパスフィルタから出力される低周波数成分のうちの、上記第kの分光感度特性の画素信号の周波数成分と、上記第hの分光感度特性の画素信号の周波数成分とを選択する選択手段と、

上記選択手段で選択された上記第kの分光感度特性の画素信号の低周波数成分と、上記第hの分光感度特性の画素信号の低周波数成分の差を求める差計算手段と

を有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の画素信号処理装置。

#### 【請求項 4】

2 次元平面上に配列され、各々が第 1 乃至第 N の分光感度特性のうちのいずれか 1 つを有する画素の画素信号の組に基づき、第 h（h は 1 から N のうちのいずれか一つ）の分光感度特性の画素信号が存在する補間対象画素位置における第 k（k は h を除く 1 から N のうちのいずれか一つ）の分光感度特性の画素信号を生成する画素信号処理装置において、

上記補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第 k の分光感度特性の画素信号の低周波数成分と、上記補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第 h の分光感度特性の画素信号の低周波数成分との比を算出する比算出手段と、

上記補間対象画素位置の近傍の領域内における上記第 k の分光感度特性の画素信号と上記第 h の分光感度特性の画素信号との非相関の程度に対応した非相関値を算出する非相関値算出手段と、

上記補間対象画素位置における上記第 h の分光感度特性の画素信号と、上記比と、上記非相関値とに基づいて、上記補間対象画素位置における上記第 k の分光感度特性の画素信号を求める補間値算出手段と

を有する画素信号処理装置。

#### 【請求項 5】

上記補間値算出手段は、上記補間対象画素位置における上記第 h の分光感度特性の画素信号と、上記非相関値に第 1 の所定の係数を掛けたものとの和に、上記比に第 2 の所定の係数を掛けたものとを乗算することにより、上記補間対象画素位置における上記第 k の分光感度特性の画素信号を求めることを特徴とする請求項 4 に記載の画素信号処理装置。

#### 【請求項 6】

上記比算出手段が、

それぞれ上記第 1 乃至第 N の分光感度特性の画素信号の低周波数成分を生成する複数のローパスフィルタと、

上記ローパスフィルタから出力される低周波数成分のうちの、上記第 k の分光感度特性の画素信号の周波数成分と、上記第 h の分光感度特性の画素信号の周波数成分とを選択する選択手段と、

上記選択手段で選択された上記第 k の分光感度特性の画素信号の低周波数成分と、上記第 h の分光感度特性の画素信号の低周波数成分の比を求める比計算手段と

を有することを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の画素信号処理装置。

#### 【請求項 7】

上記非相関値算出手段が、

上記補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第 k の分光感度特性の画素信号の変化成分と、上記補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第 h の分光感度特性の画素信号の変化成分とを生成する変化成分生成手段と

上記変化成分生成手段で生成された上記第 k の分光感度特性の画素信号の変化成分と、上記 h の分光感度特性の画素信号の変化成分の差を上記非相関値として求める差計算手段と

を有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の画素信号処理装置。

#### 【請求項 8】

上記変化成分生成手段が、

それぞれ上記第 1 乃至第 N の分光感度特性の画素信号の変化成分を生成する複数のハイパスフィルタと、

上記ハイパスフィルタから出力される変化成分のうちの、上記第 k の分光感度特性の画素信号の変化成分と、上記第 h の分光感度特性の画素信号の変化成分とを選択する選択手段と

を有することを特徴とする請求項 7 に記載の画素信号処理装置。

【請求項 10】

上記第1乃至第Nの分光感度特性を有する画素信号が、赤、緑、青の画素信号であることを特徴とする請求項1乃至8のいずれかに記載の画素信号処理装置。

【請求項 10】

2次元平面上に配列され、各々が第1乃至第Nの分光感度特性のうちのいずれか1つを有する画素の画素信号の組に基づき、第h（hは1からNのうちのいずれか一つ）の分光感度特性の画素信号が存在する補間対象画素位置における第k（kはhを除く1からNのうちのいずれか一つ）の分光感度特性の画素信号を生成する画素信号処理方法において、

上記補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第kの分光感度特性の画素信号の低周波数成分と、上記補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第hの分光感度特性の画素信号の低周波数成分との差を算出する差算出ステップと、

上記補間対象画素位置の近傍の領域内における上記第kの分光感度特性の画素信号と上記第hの分光感度特性の画素信号との非相関の程度に対応した非相関値を算出する非相関値算出ステップと、

上記補間対象画素位置における上記第hの分光感度特性の画素信号と、上記差と、上記非相関値とに基づいて、上記補間対象画素位置における上記第kの分光感度特性の画素信号を求める補間値算出ステップと

を有する画素信号処理方法。

【請求項 11】

上記補間値算出ステップは、上記補間対象画素位置における上記第hの分光感度特性の画素信号と、上記非相関値に第1の所定の係数を掛けたものと、上記差に第2の所定の係数を掛けたものとを加算することにより、上記補間対象画素位置における上記第kの分光感度特性の画素信号を求めることを特徴とする請求項10に記載の画素信号処理方法。

【請求項 12】

上記差算出ステップが、

それぞれ上記第1乃至第Nの分光感度特性の画素信号の低周波数成分を生成する複数のローパスフィルタリングステップと、

上記ローパスフィルタリングステップにおけるフィルタリングにより得られる低周波数成分のうちの、上記第kの分光感度特性の画素信号の周波数成分と、上記第hの分光感度特性の画素信号の周波数成分とを選択する選択ステップと、

上記選択ステップで選択された上記第kの分光感度特性の画素信号の低周波数成分と、上記第hの分光感度特性の画素信号の低周波数成分の差を求める差計算ステップと

を有することを特徴とする請求項10又は11に記載の画素信号処理方法。

【請求項 13】

2次元平面上に配列され、各々が第1乃至第Nの分光感度特性のうちのいずれか1つを有する画素の画素信号の組に基づき、第h（hは1からNのうちのいずれか一つ）の分光感度特性の画素信号が存在する補間対象画素位置における第k（kはhを除く1からNのうちのいずれか一つ）の分光感度特性の画素信号を生成する画素信号処理方法において、

上記補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第kの分光感度特性の画素信号の低周波数成分と、上記補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第hの分光感度特性の画素信号の低周波数成分との比を算出する比算出ステップと、

上記補間対象画素位置の近傍の領域内における上記第kの分光感度特性の画素信号と上記第hの分光感度特性の画素信号との非相関の程度に対応した非相関値を算出する非相関値算出ステップと、

上記補間対象画素位置における上記第hの分光感度特性の画素信号と、上記比と、上記非相関値とに基づいて、上記補間対象画素位置における上記第kの分光感度特性の画素信号を求める補間値算出ステップと

を有し、

上記補間対象画素位置は、上記補間対象画素位置における上記第kの分光感度特性の画素信号と、上記非相関値に第1の所定の係数を掛けたものとの和に、上記比に第2の所定の係数を掛けたものとを乗算することにより、上記補間対象画素位置における上記第kの分光感度特性の画素信号を求めることを特徴とする画素信号処理方法。

**【請求項14】**

上記非相関値算出ステップが、

上記補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第kの分光感度特性の画素信号の変化成分と、上記補間対象画素位置の近傍の領域内の複数の画素位置における、上記第hの分光感度特性の画素信号の変化成分とを生成する変化成分生成ステップと、

上記変化成分生成ステップで生成された上記第kの分光感度特性の画素信号の変化成分と、上記hの分光感度特性の画素信号の変化成分の差を上記非相関値として求める差計算ステップと

を有することを特徴とする請求項10乃至13のいずれかに記載の画素信号処理方法。

**【手続補正2】**

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 発明の名称

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【発明の名称】 画素信号処理装置及び画素信号処理方法

**【手続補正3】**

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0001

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【0001】

本発明は、画素信号処理装置及び方法に関し、特に2次元平面上に配列された画素の各々が複数の色成分値のうちの少なくとも一つの色成分値を有していないとき、その画素が有していない色成分値を補間により生成することでカラー画像を得る画素信号処理装置及び方法に関するものである。

**【手数料の表示】**

【予納台帳番号】 007205

【納付金額】 20,000円

0 0 0 0 0 6 0 1 3

19900824

新規登録

5 9 1 0 3 1 9 2 4

東京都千代田区丸の内2丁目2番3号

三菱電機株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**